



**MODIFIKASI SISTEM BAHAN BAKAR KARBURATOR MENJADI
SISTEM BAHAN BAKAR INJEKSI PADA SUZUKI SMASH AD 2663 ZG
(TINJAUAN SISTEM BAHAN BAKAR)**

PROYEK AKHIR

**Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik**



**Oleh :
Sugiarto
NIM : 11509134066**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Januari 2015**

PENGESAHAN

Proyek Akhir yang berjudul “Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator Menjadi Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG (Tinjauan Sistem Bahan Bakar)” ini telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal 16 Januari 2015 dan telah dinyatakan lulus.

DEWAN PENGUJI			
Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Lilik Chaerul Yuswono, M.Pd.	Ketua Penguji		28/1-15
Moch. Solikin, M.Kes.	Sekretaris Penguji		28/1-15
Bambang Sulistyio, M.Eng.	Penguji Utama		28/1-15

Yogyakarta, 28 Januari 2015

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,


Dr. Moch. Bruri Trivono, M.Pd.
NIP. 19560216 198603 1 003

PERSETUJUAN

Proyek akhir yang berjudul “Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator Menjadi Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG (Tinjauan Sistem Bahan Bakar)” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 30 Desember 2014

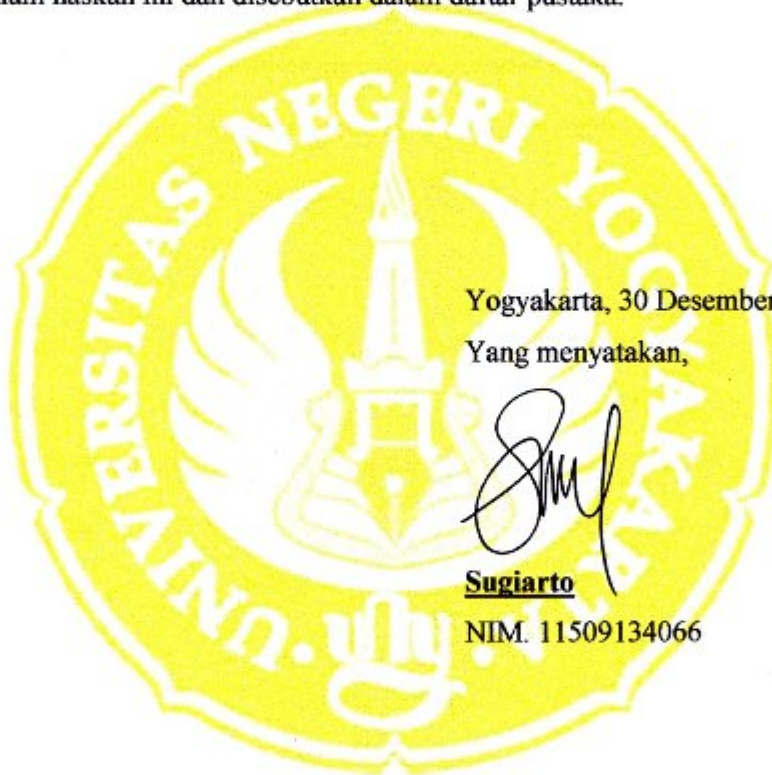
Dosen Pembimbing,

Lilik Chaerul Yuswono, M.Pd.

NIP. 19570217 198303 1 002

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.



Yogyakarta, 30 Desember 2014

Yang menyatakan,

Sugiarto

NIM. 11509134066

MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu pasti ada kemudahan"

(Qs. Al Insyroh (94) : 6).

"Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum, sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri"

(Qs. Ar Ra'd (13) : 11).

"Jika seorang meninggal dunia maka terputuslah amalnya kecuali tiga hal: amal jariyah, ilmu yang bermanfaat, dan anak soleh yang senantiasa mendo'akan kedua orang tuanya"

(HR. Muslim)

MODIFIKASI SISTEM BAHAN BAKAR KARBURATOR MENJADI SISTEM BAHAN BAKAR INJEKSI PADA SUZUKI SMASH AD 2663 ZG (TINJAUAN SISTEM BAHAN BAKAR)

**Oleh:
SUGIARTO
11509134066**

ABSTRAK

Tujuan pembuatan proyek akhir modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG adalah merancang modifikasi sistem bahan bakar injeksi, melakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi dan menguji kinerja motor setelah dilakukan modifikasi. Sehingga dapat mengetahui hasil dari modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash yang sebelumnya menggunakan sistem bahan bakar karburator terkait dengan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan.

Proses perancangan modifikasi diawali dengan pemilihan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan, pembelian, pemeriksaan dan penyesuaian modifikasi terhadap komponen, kemudian pengaplikasian komponen-komponen tersebut pada sepeda motor seperti *fuel pump*, *intake manifold*, *injector*, *throttle body* dan *fuel feed hose*, kemudian diikuti dengan penjadwalan waktu kerja dan kalkulasi biaya yang akan dibutuhkan. Proses pengerjaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi diawali dengan membeli dan mempersiapkan komponen-komponen dan peralatan yang dibutuhkan, dilanjutkan dengan proses pembuatan dudukan *fuel pump* dan pelampung pada tangki bahan bakar, pemasangan *fuel pump* dan pelampung pada tangki, kemudian proses modifikasi lubang *intake* dengan pemasangan *intake manifold*, *injector*, dan *throttle body* serta pengaplikasian *fuel feed hose*. Proses pengujian meliputi pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang dan pengujian performa mesin sebelum dan sesudah modifikasi untuk mengetahui perbedaan hasil pengujian sebelum dan sesudah modifikasi.

Berdasarkan hasil pengujian, pada pengujian konsumsi bahan bakar menunjukkan setelah dilakukan modifikasi konsumsi bahan bakar lebih sedikit pada setiap putaran mesin yang diujikan yaitu 1500 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm dan 5000 rpm, penurunan konsumsi bahan bakar rata-rata mencapai 22,6 %. Hasil uji emisi setelah dimodifikasi juga menunjukkan hasil lebih baik dibanding sebelum modifikasi yaitu penurunan kadar CO sebesar 25,19 % yang sebelumnya 7,283 % menjadi 5,448 %, serta penurunan kadar HC mencapai 94,75 % yaitu dari 4731 ppm menjadi 248 ppm. Hasil uji performa juga menunjukkan peningkatan baik daya maksimum yang sebelumnya 8,1dk/7000 rpm menjadi 9,0dk/8000 rpm dan torsi maksimum yang sebelumnya 8,90Nm/6000 rpm menjadi 9,31Nm/6500 rpm. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, memperbaiki emisi gas buang yang dihasilkan serta meningkatkan performa mesin pada sepeda motor tersebut.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya, Sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator Menjadi Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Sepeda Motor Suzuki Smash AD 2663 ZG dengan tinjauan Sistem Bahan Bakar. Sehubungan dengan itu, terselesaikannya Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan, dorongan dan nasehat serta saran dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Proyek Akhir dan laporan ini, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Martubi, M.Pd., M.T. selaku Kajur Diknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Sudiyanto, M.Pd. selaku Kaprodi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Lilik Chaerul Yuswono, M.Pd. selaku Pembimbing proyek akhir dan Koordinator Proyek Akhir Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Sudarwanto M.Eng. selaku Penasehat Akademik kelas D Prodi Teknik Otomotif angkatan 2011.
6. Segenaf Dosen dan Staf Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

7. Bapak dan Ibu tercinta, beserta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil sehingga Proyek Akhir dan laporan ini dapat terselesaikan.
8. Teman satu kelompok dalam pengerjaan Proyek Akhir ini, Hartanto Sulisno yang telah banyak memberi kerja sama dan bantuannya dalam penyelesaian Proyek Akhir ini.
9. Teman-teman kelas D angkatan 2011 yang telah membantu untuk menyelesaikan Proyek Akhir dan laporan ini.
10. Dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan pembuatan Proyek Akhir serta penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Proyek Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja. Besar harapan, semoga laporan ini dapat berguna bagi pembaca dan semua pihak.

Yogyakarta, 18 Juli 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan.....	6
F. Manfaat.....	6
G. Keaslian Gagasan.....	6
BAB II. PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	
A. Sistem Bahan Bakar	8
B. Sistem Bahan Bakar Konvensional.....	13
C. Sistem Bahan Bakar Injeksi.....	17
1. Prinsip Kerja Sistem Bahan Bakar Injeksi	18
2. Konstruksi Dasar Sistem EFI.....	19
3. Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Sepeda Motor	27
BAB III. KONSEP RANCANGAN	
A. Perancangan Modifikasi	45
1. Perancangan Letak Pompa Bahan Bakar.....	47

2. Perancangan Saluran <i>Intake</i>	50
3. Perancangan Jalur Selang Tekanan Tinggi.....	51
B. Analisa Kebutuhan Modifikasi	52
1. Rencana Kebutuhan Alat.....	53
2. Rencana Kebutuhan Komponen.....	54
C. Rancangan Pengujian	54
1. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	55
2. Pengujian Emisi Gas Buang	56
3. Pengujian Performa Mesin	57
D. Langkah Kerja	58
E. Rencana Kegiatan	60
F. Perencanaan Biaya	60
BAB IV. PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Proses Modifikasi Sistem Bahan Bakar	62
1. Pemasangan Pompa Bahan Bakar.....	62
2. Pemasangan <i>Intake Manifold</i>	67
3. Pemasangan Injektor dan <i>Throttle Body</i>	68
4. Pemasangan Selang Tekanan Tinggi.....	69
B. Proses Pengujian	69
1. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	69
2. Pengujian Emisi Gas Buang	72
3. Pengujian Performa Mesin	75
C. Hasil Pengujian	76
D. Pembahasan	78
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	87
B. Keterbatasan Hasil Modifikasi	88
C. Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	90
LAMPIRAN	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Hubungan Nilai Lambda dengan Emisi Gas Buang.....	11
Gambar 2. Skema Sistem Bahan Bakar Konvensional.....	14
Gambar 3. Komponen pada Karburator.....	15
Gambar 4. Rangkaian Sistem EFI Yamaha GTS1000.....	20
Gambar 5. Komponen EFI Honda Supra X 125 FI.....	21
Gambar 6. Skema Sistem Bahan Bakar pada EFI.....	21
Gambar 7. Konstruksi Injektor.....	23
Gambar 8. Bagan Teknologi DCP-FI.....	34
Gambar 9. Perbandingan DCP-FI dengan Injektor Konvensional FI.....	36
Gambar 10. Konstruksi <i>Throttle Body</i> YM Jet-FI.....	40
Gambar 11. <i>Throttle Body</i> YM Jet-FI.....	42
Gambar 12. Komponen Injeksi Yamaha Jupiter Z1.....	43
Gambar 13. <i>Throttle Body</i> Yamaha Jupiter Z1.....	44
Gambar 14. Injektor Yamaha Jupiter Z1.....	44
Gambar 15. Rancangan Sistem Bahan Bakar.....	45
Gambar 16. Dimensi Pompa Bahan Bakar dan Pelampung.....	47
Gambar 17. Rancangan Lubang pada Tangki.....	48
Gambar 18. Rancangan Dudukan Pompa Bahan Bakar.....	49
Gambar 19. Perbandingan Dimensi Lubang <i>Intake</i>	50
Gambar 20. Ilustrasi Letak Komponen Injeksi pada Suzuki Smash.....	54
Gambar 21. Pemotongan Tangki Bahan Bakar.....	63
Gambar 22. Lubang Dudukan pada Tangki.....	64
Gambar 23. Dudukan Pompa Bahan Bakar dan Pelampung.....	65
Gambar 24. Pengelasan Plat Dudukan dengan Tangki.....	65
Gambar 25. Pemasangan Pompa dan Pelampung pada Tangki.....	66
Gambar 26. Membuat Lubang Baut pada <i>Intake</i>	67
Gambar 27. Pemasangan Injektor dan <i>Throttle Body</i>	68
Gambar 28. Pemasangan Selang Tekanan Tinggi.....	69
Gambar 29. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Sebelum Modifikasi.....	70
Gambar 30. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Setelah Modifikasi.....	71
Gambar 31. Pengujian Emisi Gas Buang.....	73
Gambar 32. Pengujian Performa Mesin.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan AFR dengan Kondisi Mesin	9
Tabel 2. Hubungan Nilai AFR dengan Lambda.....	10
Tabel 3. Jadwal Modifikasi	60
Tabel 4. Perencanaan Biaya	61
Tabel 5. Kategori L Peraturan Pemerintah RI No. 05 tahun 2006	74
Tabel 6. Kategori M, N, dan O PP RI No. 05 tahun 2006	75
Tabel 7. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar.....	77
Tabel 8. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	77
Tabel 9. Hasil Pengujian Performa Mesin	78

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kartu Bimbingan Proyek Akhir.....	93
2. Hasil Uji Emisi Gas Buang Sebelum Modifikasi	95
3. Hasil Uji Emisi Gas Buang Sesudah Modifikasi.....	96
4. Hasil Uji Performa Mesin Sebelum Modifikasi	97
5. Hasil Uji Performa Mesin Sesudah Modifikasi.....	98
6. Jadwal kegiatan Proyek Akhir	99
7. Surat Bukti Selesai Revisi Proyek Akhir	103

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor dari waktu ke waktu terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan baik di Indonesia maupun secara Global. Dari data survey yang dilakukan oleh BPS (Badan Pusat Statistik) mengenai perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2012, tercatat jumlah kendaraan bermotor yang ada di Indonesia pada tahun tersebut mencapai 94.373.324 unit, hal ini menunjukkan peningkatan dari tahun sebelumnya yaitu tahun 2011 yang mencapai kurang lebih 9,3%. Tercatat pada tahun 2011 jumlah kendaraan bermotor telah mencapai 85.601.351 unit. Diperkirakan pada tahun-tahun berikutnya jumlah kendaraan bermotor di Indonesia akan terus meningkat dengan peningkatan berkisar antara 9%-11% per tahun, melihat pertumbuhan ekonomi dan daya beli para konsumen kendaraan bermotor di Indonesia yang cukup tinggi.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor tersebut berbanding lurus dengan peningkatan emisi gas buang yang dihasilkan, dimana hal ini dapat menyebabkan polusi udara baik secara lokal maupun global. Di kota-kota besar yang ada di Indonesia, emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tersebut memiliki kontribusi yang cukup besar dalam pencemaran udara. Sebanyak 70% pencemaran udara disebabkan oleh kendaraan bermotor, sedangkan sisanya dihasilkan oleh cerobong asap industri, dan juga berasal dari sumber pembakaran lain seperti pembakaran sampah, kegiatan rumah tangga, kebakaran hutan, dsb. (Zainal Arifin: 2009).

Emisi gas buang penyebab polusi udara tersebut mengandung zat berbahaya seperti CO, NO_x, dan HC, dimana zat-zat tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh emisi gas buang adalah infeksi saluran pernapasan atas (ISPA), asma, tuberkulosis, pneumonia dan kanker paru-paru. Data dari badan kesehatan dunia (WHO) terakhir pada tahun 2010 tercatat dari seluruh dunia ada 223.000 orang meninggal dunia karena kanker paru-paru yang disebabkan oleh polusi udara. Polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor juga berperan besar dalam perusakan lapisan ozon di atmosfer bumi.

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor juga mengakibatkan peningkatan konsumsi para pengguna kendaraan terhadap bahan bakar minyak yang mana cepat atau lambat dapat menyebabkan kelangkaan dari bahan bakar minyak itu sendiri. Menurut tribunnews.com (2013) menyatakan bahwa konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia telah mencapai 1,5 juta barrel perhari. Jumlah ini semakin memprihatinkan mengingat minyak bumi merupakan sumber daya tak terbarukan yang lama-kelamaan akan habis. Maka dari itu, berbagai pengembangan teknologi terus dilakukan khususnya oleh berbagai produsen kendaraan bermotor terhadap produk-produknya agar dapat meminimalisir dampak-dampak negatif yang ditimbulkan dari perkembangan kendaraan bermotor tersebut. Pengembangan teknologi ini terus dilakukan untuk membuat kendaraan bermotor tersebut dapat semakin

hemat dalam konsumsi bahan bakar dengan tanpa mengurangi performa mesin yang dihasilkan, serta ramah lingkungan.

Salah satu dari pengembangan teknologi yang dilakukan oleh para produsen kendaraan bermotor adalah menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi pada produk kendaraan bermotornya dimana teknologi tersebut adalah hasil pengembangan dari teknologi yang sudah ada sebelumnya, yaitu teknologi sistem bahan bakar konvensional atau sistem bahan bakar karburator. Pada sistem bahan bakar karburator proses pengatomisasian bahan bakar masih kurang maksimal sehingga terkadang campuran masih kurang homogen. Saat campuran bahan bakar dan udara tersebut kurang homogen, mengakibatkan tidak semua bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dapat terbakar secara sempurna dalam proses pembakaran, sehingga cenderung menjadi tidak efisien, dan tenaga yang dihasilkan kurang maksimal, dari pembakaran yang kurang sempurna tersebut akan menghasilkan emisi yang kurang baik dimana kadar gas berbahaya seperti CO dan HC menjadi meningkat. Maka dari itulah saat ini sistem bahan bakar karburator perlahan-lahan telah digantikan dengan sistem bahan bakar injeksi.

Teknologi sistem bahan bakar injeksi merupakan sebuah sistem mekanis yang berfungsi mengatur campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar dengan menggunakan kontrol elektronik berdasarkan data *input* dari berbagai sensor yang ada untuk membaca kondisi dan suhu mesin. Dibandingkan dengan teknologi sistem bahan bakar konvensional yang masih menggunakan karburator, teknologi sistem bahan bakar injeksi mampu

menghasilkan pembakaran yang lebih baik sehingga dapat mengurangi emisi gas buang dan meningkatkan efisiensi bahan bakar, selain itu dengan hasil pembakaran yang lebih baik diharapkan akan menghasilkan performa mesin yang lebih baik pula.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas maka penulis memiliki gagasan untuk melakukan modifikasi dengan mengaplikasikan sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor yang masih menggunakan sistem bahan bakar karburator yaitu Suzuki Smash AD 2663 ZG tahun 2008 dengan tinjauan sistem bahan bakar sebagai Proyek Akhir.

Modifikasi ini diharapkan dapat membuat konsumsi bahan bakar pada sepeda motor tersebut lebih hemat dari sebelumnya dan mengurangi emisi gas buang yang berbahaya sehingga lebih ramah lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang timbul, diantaranya sebagai berikut :

1. Semakin banyaknya permintaan masyarakat akan kebutuhan sarana transportasi mengakibatkan produsen membuat kendaraan bermotor secara masal. Hal tersebut mengakibatkan masalah peningkatan pada konsumsi bahan bakar minyak yang merupakan sumber daya yang tidak terbarukan dan dalam waktu dekat akan habis.
2. Bertambahnya jumlah kendaraan bermotor mengakibatkan peningkatan emisi gas buang yang menghasilkan polusi udara dan mengganggu

kesehatan manusia, oleh sebab itu perlu adanya inovasi teknologi yang dapat meminimalisir dampak tersebut.

3. Pada sistem karburator proses pengatomisasian campuran bahan bakar masih kurang maksimal, sehingga terkadang tidak semua bahan bakar yang masuk ke ruang bakar terbakar secara sempurna dalam proses pembakaran, maka konsumsi bahan bakar cenderung kurang efisien dan mengakibatkan tenaga yang dihasilkan kurang maksimal serta menghasilkan emisi dengan kadar gas berbahaya seperti CO dan HC yang tinggi.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah dan identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya serta mengingat keterbatasan waktu dan pikiran dari penulis maka diberikan batasan masalah agar dapat lebih terfokus pada judul Proyek Akhir yang dibuat. Permasalahan yang dikaji dalam hal ini adalah modifikasi sistem bahan bakar injeksi dengan tinjauan sistem bahan bakar untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperbaiki emisi gas buang.

D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah diatas penyusun dapat merumuskan masalah yang akan dipecahkan, yaitu diantaranya :

1. Bagaimana merancang modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor tersebut?
2. Bagaimana melakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor tersebut?

3. Bagaimana kinerja motor setelah dilakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi terkait dengan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang?

E. Tujuan

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah diantaranya :

1. Dapat merancang modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor tersebut.
2. Dapat melakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor tersebut.
3. Dapat mengetahui kinerja sepeda motor setelah dilakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi terkait dengan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

F. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh nantinya setelah pengerjaan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membantu mengetahui dan memperdalam pengetahuan mengenai sistem bahan bakar injeksi beserta komponen-komponen yang digunakan pada modifikasi tersebut.
2. Mengurangi konsumsi bahan bakar dan memperbaiki emisi gas buang yang dihasilkan sepeda motor agar lebih efisien dan ramah lingkungan.
3. Meningkatkan kinerja, kemampuan dan mutu mahasiswa.

G. Keaslian Gagasan

Teknologi sistem bahan bakar injeksi merupakan pengembangan dari sistem bahan bakar yang ada sebelumnya, yaitu sistem bahan bakar

karburator. Teknologi sistem bahan bakar injeksi diasumsikan lebih efisien dan lebih rendah emisi dibandingkan dengan teknologi sistem bahan bakar karburator. Dengan adanya hal tersebut dan kemampuan yang dimiliki penulis, maka muncul gagasan untuk melakukan modifikasi sistem bahan bakar pada sepeda motor Suzuki Smash yang masih menggunakan sistem bahan bakar karburator menjadi sistem bahan bakar injeksi guna meningkatkan efisiensi bahan bakar dan meminimalisir emisi gas buang pada sepeda motor tersebut.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pada kendaraan bermotor secara umum memiliki fungsi sebagai penyedia suplai bahan bakar, melakukan proses pencampuran udara dan bahan bakar dengan perbandingan atau AFR (*Air Fuel Ratio*) yang tepat, kemudian menyalurkan campuran udara dan bahan bakar tersebut ke ruang bakar dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan putaran dan beban mesin.

Pada kendaraan bermotor, udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar harus mudah terbakar agar dapat menghasilkan tenaga mesin yang maksimal. Pembakaran bahan bakar di ruang bakar akan mudah dilakukan apabila campuran udara dan bahan bakar ideal dan homogen. Perbandingan udara dan bahan bakar yang ideal dan homogen akan memungkinkan terjadinya pembakaran yang sempurna yang akan membuat pemakaian bahan bakar lebih ekonomis karena tenaga mesin yang dihasilkan lebih maksimal, serta emisi gas buang yang berbahaya dan tidak ramah lingkungan akan rendah karena semua bahan bakar terbakar.

Perbandingan udara dan bahan bakar atau AFR (*Air Fuel Ratio*) ideal yang disebut juga dengan perbandingan *stoichiometric* adalah terdiri dari 14,7 gr udara dengan 1 gr bahan bakar. Apabila komposisi udara pada perbandingan campuran atau AFR lebih dari 14,7 gr maka campuran tersebut adalah campuran kurus/miskin, dan apabila komposisi udara pada perbandingan campuran atau AFR kurang dari 14,7 gr, maka disebut dengan campuran gemuk/kaya (Sutiman: 2005).

Tabel 1. Perbandingan AFR dengan Kondisi Mesin (Sutiman: 2005)

No	Kondisi Kerja Mesin	AFR	No	Kondisi Kerja Mesin	AFR
1	Start Temperatur Dingin	2-3 : 1	6	Putaran Maks.	12-13 : 1
2	Start Temperatur Panas	7-8 : 1	7	Putaran Sedang	15-17 : 1
3	Saat Idling	8-10 : 1	8	Tenaga Optimal	12-13 : 1
4	Kecepatan Rendah	10-12 : 1	9	Emisi Rendah	15: 1
5	Akselerasi	2-3 : 1	10	Bahan Bakar Ekonomis	16-17 : 1

Perbandingan udara dan bahan bakar tersebut bergantung dari temperatur dan kondisi kerja mesin. Perbandingan campuran saat menghidupkan mesin berbeda dengan perbandingan campuran saat putaran idling, saat putaran lambat, maupun saat putaran dipercepat.

Perbandingan antara udara yang terpakai didalam proses pembakaran dengan kebutuhan udara teoritis disebut dengan faktor lambda (λ), adapun perhitungan lambda (λ) menurut Sutiman (2005) yang dapat dirumuskan :

$$\lambda = \frac{\text{Udara Aktual}}{\text{Udara Teoritis}}$$

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7 , maka :

$$\lambda = \frac{14,7}{14,7} \rightarrow \lambda = 1$$

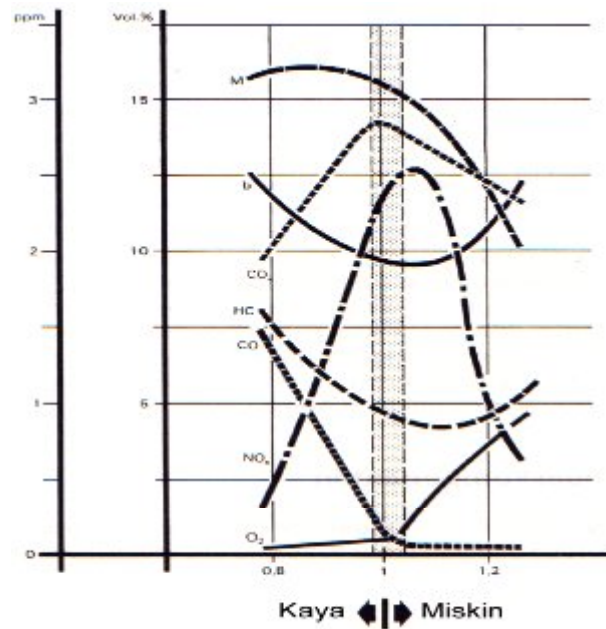
Rumus diatas menunjukkan bahwa campuran yang ideal atau *stoichiometric* menghasilkan lambda (λ) = 1 , berarti apabila lambda (λ) > 1 menunjukkan bahwa campuran kurus (lebih banyak udara), sedangkan apabila lambda (λ) < 1 maka disebut campuran kaya (kekurangan udara). Pemahaman mengenai nilai lambda (λ) ini memudahkan dalam menyatakan kondisi campuran yang masuk ke dalam ruang bakar, serta menganalisis kondisi mesin dengan cepat.

Tabel 2. Hubungan nilai AFR dengan lambda (Sutiman: 2005)

AFR	Lamda (λ)	AFR	Lamda (λ)
5	0,34	15	1,02
6	0,408	15,5	1,054
7	0,476	16	1,088
8	0,544	16,5	1,122
9	0,612	17	1,156
10	0,68	17,5	1,19
11	0,748	18	1,224
12	0,816	18,5	1,259
13	0,884	19	1,293
14	0,952	19,5	1,327
14,7	1	20	1,361

Emisi gas buang umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun seperti N_2 (*Nitrogen*), CO_2 (*Carbon Dioxida*), serta H_2O (Uap air), dan sebagian lainnya terdiri dari gas beracun seperti NO_x , HC, dan CO. Gas beracun CO dapat timbul karena komposisi AFR yang terlalu kaya atau unsur-unsur oksigen (udara) tidak cukup yang akan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna, sehingga untuk mengurangi kandungan gas CO komposisi AFR harus dibuat kurus tetapi berakibat NO_x lebih mudah timbul dan tenaga mesin akan menurun. Gas beracun HC juga timbul akibat bahan bakar yang tidak terbakar sempurna dan keluar menjadi gas mentah. Selain itu Gas HC dan CO juga dapat dihasilkan dari penguapan bahan bakar di tangki bahan bakar dan *blow by gas* dari mesin (Zainal Arifin; 2009).

Grafik berikut akan menunjukkan hubungan antara nilai lambda (λ) dengan emisi gas buang yang dihasilkan mesin (diasumsikan mesin dalam keadaan normal dengan kecepatan konstan).



Gambar 1. Hubungan Nilai Lambda dengan Emisi Gas Buang (Anonim: 2005)

Pada grafik diatas, konsentrasi emisi CO dan HC menurun pada campuran kurus, namun NO_x meningkat. Sebaliknya ketika campuran kaya, konsentrasi NO_x menurun namun CO dan HC meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa pada mesin bensin sangat sulit untuk mencari upaya penurunan emisi CO, HC dan NO_x pada waktu yang bersamaan.

Grafik konsumsi bahan bakar (b) mencapai titik terendah pada posisi lambda (λ) beberapa titik diatas 1. Pada posisi tersebut juga didapatkan nilai NO_x yang tinggi meskipun CO dan HC pada titik terendah. Pada saat itu proses pembakaran terjadi mendekati sempurna dengan CO_2 maksimum. Apabila menginginkan kondisi pembakaran dengat tenaga maksimum, maka lambda (λ) harus dibuat lebih rendah dari nilai 1. Tetapi konsekuensinya konsumsi dan emisi CO dan HC akan meningkat tinggi.

Terdapat dua jenis sistem bahan bakar yang digunakan pada kendaraan bermotor, dalam hal ini khususnya sepeda motor yaitu sistem bahan bakar konvensional dan sistem bahan bakar injeksi. Perbedaan sistem bahan bakar konvensional dengan sistem bahan bakar injeksi menurut Moch.Solikin (2005) adalah pada sistem bahan bakar konvensional pengkabutan bahan bakar terjadi pada venturi dan tergantung pada aliran udara yang melalui venturi pada karburator, serta komposisi campuran pada sistem bahan bakar konvensional tergantung pada perbandingan lubang spuyer karburator, sekrup penyetel dan tinggi bahan bakar di ruang pelampung. Sedangkan pada sistem injeksi pengkabutan bahan bakar dilakukan oleh injektor dan bergantung pada tekanan bahan bakar serta ukuran lubang injektor, komposisi campuran dikontrol oleh ECU berdasarkan informasi dari sensor-sensor yang mendeteksi kondisi dan kerja mesin.

Kelebihan sistem bahan bakar injeksi jika dibandingkan dengan sistem bahan bakar konvensional adalah pengkabutan bahan bakar pada sistem injeksi yang lebih baik serta menjamin homogenitas campuran yang lebih baik pula, komposisi campuran yang dapat sesuai dengan setiap putaran dan beban mesin, mampu menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna dimana dengan pembakaran yang lebih sempurna tersebut mengakibatkan bahan bakar yang lebih hemat, emisi gas buang yang lebih rendah serta tenaga mesin yang lebih baik (Moch.Solikin: 2005).

Dalam sistem bahan bakar injeksi fungsi karburator pada sistem bahan bakar konvensional digantikan oleh injektor, dimana injektor tersebut bekerja sesuai

dengan kendali yang dilakukan oleh ECU (*Electronic Control Unit*) berdasarkan sinyal yang diperoleh dari sensor-sensor dalam sistem yang mendeteksi kondisi mesin.

Oleh karena kemampuannya mendeteksi secara lebih akurat terhadap setiap kondisi mesin, sistem bahan bakar injeksi mampu menyediakan campuran bahan bakar dan udara yang lebih tepat sesuai kebutuhan mesin dibanding dengan sistem bahan bakar konvensional. Sehingga sistem bahan bakar injeksi saat ini dinilai lebih efisien dalam penggunaan bahan bakar dan lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan sistem bahan bakar konvensional.

B. Sistem Bahan Bakar Konvensional

Sistem bahan bakar konvensional merupakan sistem bahan bakar yang menggunakan karburator untuk mengkabutkan bahan bakar, mencampur udara dan bahan bakar sesuai kebutuhan mesin, dan mengatur jumlah campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar. Bahan bakar pada mesin tidak akan mudah terbakar jika tanpa adanya oksigen yang terdapat pada udara, sehingga peranan udara di sini adalah untuk mempermudah proses pembakaran bahan bakar (Daryanto: 2011).

Sistem bahan bakar konvensional pada sepeda motor tidak memerlukan pompa bahan bakar karena penyaluran bahan bakar dari tangki penampung bahan bakar memanfaatkan gaya gravitasi, sehingga pada umumnya tangki bahan bakar ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi dari karburator, guna mengoptimalkan sistem penyalur bahan bakar tersebut.



Gambar 2. Skema Sistem Bahan Bakar Konvensional

Komponen-komponen yang digunakan oleh sistem bahan bakar konvensional pada sepeda motor diantaranya adalah tangki penampung bahan bakar (*fuel tank*), kran bahan bakar, saringan bahan bakar (*fuel filter*) dan karburator.

1. Tangki Bahan Bakar

Tangki bahan bakar (*fuel tank*) berfungsi sebagai tempat penampung sementara bahan bakar yang diperlukan mesin. Didalam tangki bahan bakar juga terdapat pelampung yang terhubung pada *fuel meter* yang fungsinya sebagai indikator volume bahan bakar yang ada didalam tangki tersebut.

2. Kran Bahan Bakar

Kran bahan bakar berfungsi untuk mengatur buka tutup aliran bahan bakar dari tangki ke karburator. Kran bahan bakar dipasang pada selang bahan bakar diantara tangki bahan bakar dan karburator.

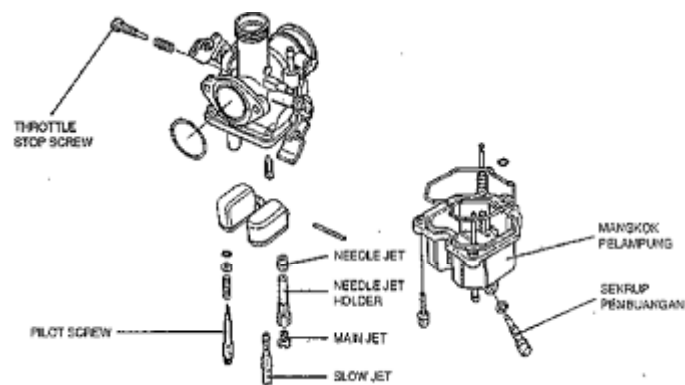
3. Saringan Bahan Bakar

Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring kotoran dan atau partikel lain yang ada pada bahan bakar sebelum masuk ke karburator agar tidak menyumbat saluran yang ada pada karburator.

4. Karburator

Karburator berfungsi untuk mengkabutkan bahan bakar dan mencampur bahan bakar dengan udara pada komposisi yang tepat, serta mengendalikan jumlah campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder.

Prinsip kerja karburator dalam mengkabutkan dan mencampur bahan bakar dan udara adalah mengandalkan perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh langkah hisap piston, sehingga terjadinya perbedaan tekanan mengakibatkan udara mengalir masuk kedalam silinder. Aliran udara masuk melewati venturi yang ada pada karburator yang mengakibatkan kecepatan aliran naik dan tekanan turun. Turunnya tekanan tersebut mengakibatkan bahan bakar yang ada pada ruang pelampung ikut terhisap keluar bertemu dengan udara terurai menjadi butiran kecil (Wahyu d. h: 2013).



Gambar 3. Komponen pada Karburator (Anonim: 2013)

Pada sistem bahan bakar konvensional agar dapat selalu bekerja sesuai dengan kondisi kerja mesin yang berubah-ubah, maka pada karburator terbagi menjadi beberapa sistem diantaranya adalah sistem pelampung, sistem *choke*, sistem kecepatan rendah, sistem kecepatan tinggi dan sistem percepatan. Sistem-sistem tersebut berfungsi untuk membantu kerja karburator agar dapat

selalu memberikan campuran udara dan bahan bakar yang ideal di setiap perubahan putaran dan beban mesin.

a. Sistem Pelampung

Sistem pelampung berfungsi untuk menghentikan aliran bahan bakar dari tangki bahan bakar dan mengatur jumlah bahan bakar di ruang pelampung tetap stabil pada volume tertentu.

b. Sistem *Choke*

Sistem *choke* berfungsi untuk memperkaya campuran saat *starting* atau saat penyalaan pagi hari, karena saat pagi hari temperatur mesin dingin, sehingga perlu memperkaya campuran agar mesin mudah dihidupkan.

c. Sistem Kecepatan Rendah

Sistem kecepatan rendah berfungsi untuk mensuplai campuran udara dan bahan bakar saat putaran idling ataupun saat kecepatan rendah.

d. Sistem Kecepatan Tinggi

Sistem kecepatan tinggi berfungsi untuk mensuplai campuran udara dan bahan bakar saat putaran mesin tinggi.

e. Sistem Percepatan

Saat putaran mesin dipercepat secara tiba-tiba, bukaan *throttle* langsung membesar namun putaran mesin masih rendah, akibatnya kevakuman di venturi kecil, sehingga campuran sangat kurus, tenaga mesin menurun. Sehingga agar tidak terjadi hal tersebut, pada karburator

memerlukan sistem percepatan yang berfungsi untuk memperkaya campuran saat putaran dipercepat.

C. Sistem Bahan Bakar Injeksi

Sistem bahan bakar injeksi merupakan sistem bahan bakar yang saat ini menggantikan sistem bahan bakar konvensional, merupakan salah satu langkah inovasi yang sedang dikembangkan untuk membuat kendaraan bermotor agar dapat lebih efisien dan ramah lingkungan dibanding dengan kendaraan bermotor yang masih menggunakan sistem bahan bakar konvensional.

Sistem bahan bakar injeksi sebenarnya sudah diterapkan pada sepeda motor pada tahun 1980-an, tetapi masih dengan jumlah yang terbatas. Berawal dari sistem bahan bakar injeksi mekanis, kemudian terus mengalami perkembangan hingga saat ini menjadi sistem bahan bakar injeksi (Otomotifnet.com: 2012). Sistem bahan bakar injeksi yang digunakan pada sepeda motor pada umumnya menggunakan sistem bahan bakar injeksi elektronis atau yang lebih dikenal dengan EFI (*Electronic Fuel Injection*).

Secara umum, penggantian sistem bahan bakar konvensional ke sistem bahan bakar injeksi (EFI) dimaksudkan agar dapat meningkatkan kinerja dan tenaga mesin (*power*) yang lebih baik, akselerasi yang lebih stabil pada setiap putaran mesin, pemakaian bahan bakar yang lebih efisien, dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan. Selain itu sepeda motor dengan teknologi sistem bahan bakar injeksi juga memiliki kelebihan dimana sepeda motor tersebut lebih mudah dihidupkan pada saat lama tidak digunakan atau saat

penyalan di pagi hari, serta tidak terpengaruh pada temperatur di lingkungan sekitarnya.

Sistem bahan bakar injeksi ini dirancang untuk mendapatkan nilai lambda (λ) yang mendekati ideal pada setiap kondisi kerja mesin. Nilai lambda (λ) yang ideal dapat tercapai melalui sistem ini dengan cara mengukur secara tepat jumlah udara yang masuk ke ruang bakar dalam setiap kondisi mesin. Oleh karena itu sistem bahan bakar injeksi ini juga disebut salah satu teknologi yang rendah emisi (Zainal Arifin: 2009).

1. Prinsip Kerja Sistem Bahan Bakar Injeksi

Sistem bahan bakar injeksi atau EFI (*Electronic Fuel Injection*) dapat digambarkan sebagai suatu sistem penyalur bahan bakar yang memanfaatkan pompa bahan bakar pada tekanan tertentu untuk merubah bentuk bahan bakar cair menjadi bentuk gas dan mencampurnya dengan udara yang kemudian masuk ke dalam ruang bakar melalui injektor. Kelebihan tekanan bahan bakar yang tidak dibutuhkan oleh injektor akan dikembalikan ke tangki bahan bakar melalui *pressure regulator*. ECU mengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sesuai dengan informasi dari beberapa sensor yang mendeteksi kondisi dan kebutuhan mesin dengan cara mengatur lamanya bukaan lubang injektor (Nono Budiarto: 2007).

Pada umumnya proses penginjeksian pada sistem bahan bakar injeksi (EFI) terjadi di bagian ujung *intake manifold* tepat sebelum *inlet valve* (katup masuk). Pada saat *inlet valve* terbuka saat langkah hisap, udara yang masuk ke ruang bakar telah bercampur dengan bahan bakar. Secara ideal, sistem

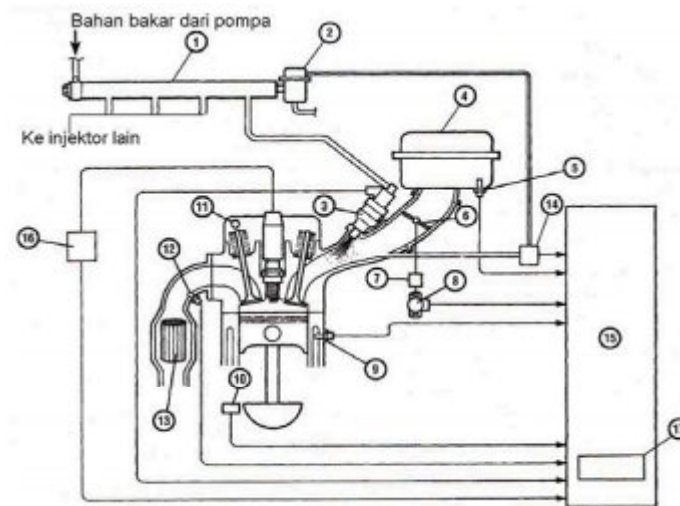
bahan bakar injeksi (EFI) harus dapat menyuplai bahan bakar yang disemprotkan dari injektor agar dapat dengan mudah bercampur dengan udara dan menghasilkan campuran yang homogen dalam perbandingan campuran yang tepat sesuai dengan kebutuhan putaran mesin, dan kondisi antara suhu mesin dengan suhu atmosfer saat itu. Sistem juga harus dapat menyuplai bahan bakar dengan jumlah yang sesuai dalam berbagai kondisi mesin, agar setiap perubahan kondisi kerja mesin tersebut dapat tercapai dengan kinerja mesin yang tetap maksimal (Sutiman: 2005).

2. Konstruksi Dasar Sistem EFI

Jumlah komponen yang terdapat pada sistem bahan bakar injeksi dapat berbeda-beda pada setiap jenis kendaraan. Semakin lengkap komponen sistem bahan bakar injeksi yang digunakan, maka kinerja dari sistem bahan bakar injeksi akan menjadi lebih baik. Sehingga dapat menghasilkan kinerja mesin yang lebih maksimal pula.

Dengan semakin lengkapnya komponen yang digunakan pada sistem bahan bakar injeksi, seperti misalnya penggunaan sensor-sensor yang lebih banyak, maka pengaturan koreksi mesin yang diperlukan untuk mengatur jumlah perbandingan bahan bakar dan udara yang sesuai dengan kondisi kerja mesin akan semakin optimal.

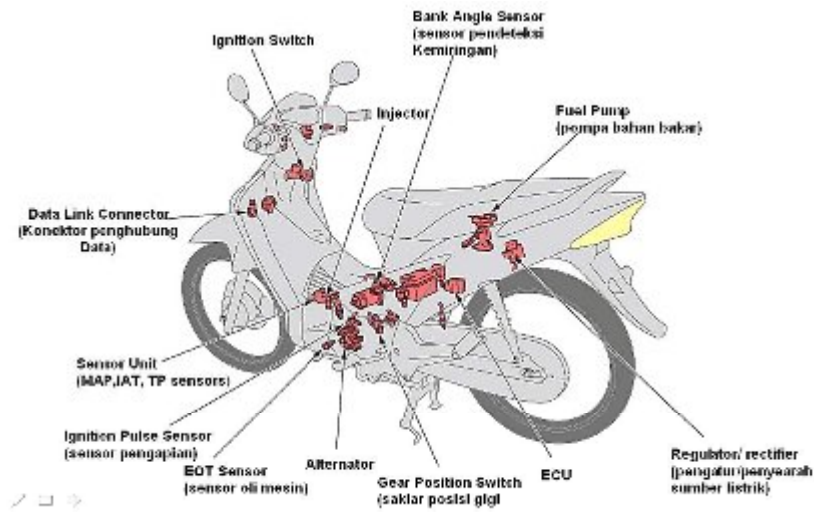
Sebagai contoh, berikut ini adalah gambar skema kelengkapan komponen dari sistem bahan bakar injeksi yang diterapkan pada sepeda motor Yamaha GTS1000 dan penempatan komponen sistem PGM-FI pada sepeda motor Honda Supra X 125.



Gambar 4. Rangkaian Sister EFI Yamaha GTS1000 (Wahyu d. h: 2013)

Keterangan :

- | | |
|---|--|
| 1. <i>Fuel rail/Delivery pipe</i>
(pipa pembagi) | 10. <i>Crankshaft position sensor</i> |
| 2. <i>Pressure regulator</i>
(pengatur tekanan) | 11. <i>Camshaft position sensor</i> |
| 3. Injector | 12. <i>Oxygen sensor</i> |
| 4. Saringan udara | 13. <i>Catalytic converter</i> |
| 5. <i>Air temperature sensor</i>
(sensor suhu udara) | 14. <i>Intake air pressure sensor</i> |
| 6. Katup throttle (<i>throttle body butterfly</i>) | 15. ECU (<i>Electronic Control Unit</i>) |
| 7. <i>Fast idle system</i> | 16. <i>Ignition Coil</i> |
| 8. <i>Throttle position sensor</i> | 17. <i>Atmospheric pressure sensor</i> (sensor tekanan udara atmosfer) |
| 9. <i>Engine temperature sensor</i> | |

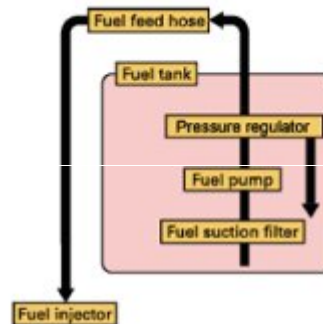


Gambar 5. Komponen EFI Honda Supra X 125 FI (Anonim: 2013)

Guna memudahkan memahami sistem bahan bakar injeksi, maka secara umum sistem bahan bakar injeksi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu sistem bahan bakar dan sistem kontrol elektronik.

a. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pada EFI (*Electronic Fuel Injection*) merupakan sistem yang berfungsi untuk menampung bahan bakar, menyuplai bahan bakar pada tekanan kerja, mengatur tekanan bahan bakar, dan mengabutkan bahan bakar.



Gambar 6. Skema Sistem Bahan Bakar pada EFI (Anonim: 2011)

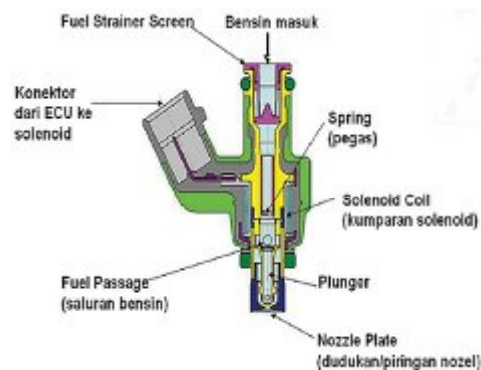
Komponen-komponen yang digunakan pada sistem bahan bakar ini diantaranya adalah tangki bahan bakar (*fuel tank*), pompa bahan bakar (*fuel pump*), saringan bahan bakar (*fuel suction filter*), pipa bahan bakar (*fuel feed hose*), regulator tekanan (*pressure regulator*), dan injektor/penyemprot bahan bakar.

Adapun fungsi dari masing-masing komponen dalam sistem bahan bakar tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Tangki bahan bakar (*fuel tank*) berfungsi sebagai tempat penampungan sementara bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin.
- 2) Pompa bahan bakar (*fuel pump*) berfungsi untuk memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke injektor. Jumlah bahan bakar yang disalurkan ke injektor harus lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan mesin, hal ini bertujuan agar tekanan dalam sistem bahan bakar dapat selalu dipertahankan meskipun kondisi mesin berubah-ubah.
- 3) Saringan bahan bakar (*fuel suction filter*) berfungsi untuk menyaring kotoran yang mungkin terkandung dalam bahan bakar agar tidak ikut terhisap oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*).
- 4) Pipa bahan bakar (*fuel feed hose*) berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar yang telah dipompa oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*) dari tangki bahan bakar menuju ke injektor. *Fuel feed hose* dirancang harus tahan terhadap tekanan dari bahan bakar yang memiliki

tekanan cukup besar akibat dipompa oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*).

- 5) Regulator tekanan (*pressure regulator*) berfungsi mengatur tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran bahan bakar agar selalu sama/konstan pada tekanan tertentu, bila tekanan pada bahan bakar yang dipompa melebihi batas tekanan, maka regulator tekanan akan mengembalikan bahan bakar tersebut ke dalam tangki bahan bakar.
- 6) Injektor berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar dan menyembrotkan bahan bakar tersebut ke saluran masuk (*intake manifold*), pada umumnya sebelum katup masuk. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan tergantung dari tekanan bahan bakar, besarnya lubang pada injektor, dan lamanya injektor tersebut membuka. Setiap injektor yang digunakan pada mesin injeksi sepeda motor memiliki konstruksi yang tidak selalu sama. Gambar dibawah ini merupakan contoh konstruksi injektor.



Gambar 7. Konstruksi Injektor (Anonim: 2013)

Pembukaan injektor dilakukan secara *electromagnetic*, yaitu dengan mengalirkan arus listrik pada lilitan selenoid (*solenoid coil*). Saat arus listrik mengalir ke lilitan selenoid maka terjadi kemagnetan pada lilitan, dan kemagnetan tersebut menarik plunger pada injektor, naiknya plunger tersebut menyebabkan lubang pada injektor terbuka, sehingga bahan bakar dari saluran bahan bakar yang sudah bertekanan akan memancar keluar dari injektor dan terjadi penginjeksian. Pengaturan waktu dan berapa lama arus listrik dialirkan ke injektor dilakukan oleh ECU (*Electronic Control Unit*) berdasarkan sinyal yang didapat dari sensor-sensor yang mendeteksi kondisi kerja mesin (Nono Budiarto: 2007).

b. Sistem Kontrol Elektronik

Sistem kontrol elektronik merupakan bagian dari sistem bahan bakar injeksi (EFI) yang berfungsi untuk mengontrol jumlah penginjeksian bahan bakar pada setiap kondisi kerja mesin. Pemanfaatan elektronik sebagai pengontrol sistem bahan bakar injeksi memungkinkan dihasilkannya akurasi campuran bahan bakar dan udara, serta saat pengapian yang paling optimal, sehingga konsumsi bahan bakar dapat lebih ekonomis, emisi gas buang yang dihasilkan lebih rendah, dan performa mesin lebih maksimal (Sutiman: 2005).

Sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa komponen yang bekerja untuk mendeteksi kondisi mesin, diantaranya adalah IAT (*Intake Air Temperature*) sensor, sensor MAP (*Manifold Absolute Pressure*), TP

(*Throttle Position*) sensor, EOT (*Engine Oil Temperature*) sensor, CKP (*Crankshaft Position*) sensor, *bank angle* sensor, O₂ (*Oxygen*) sensor dan sensor-sensor lainnya. Setiap sepeda motor dengan teknologi injeksi tidak semuanya memiliki kelengkapan jumlah dan macam sensor yang sama, tergantung pada jenis dan spesifikasi dari sepeda motor tersebut.

Pada sistem kontrol elektronik terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) yang merupakan pusat dari sistem bahan bakar injeksi, serta komponen-komponen tambahan lainnya seperti baterai, lampu indikator kerusakan sistem injeksi atau MIL (*Malfunction Indicator Lamp*), alternator (magnet), dan regulator/*rectifier* yang menyuplai dan mengatur aliran arus listrik ke ECU, serta komponen pelengkap lain.

Secara garis besar fungsi dari masing-masing komponen dalam sistem kontrol elektronik tersebut antara lain adalah :

- 1) ECU (*Electronic Control Unit*) adalah *microcomputer* yang berfungsi mengkoreksi, menghitung dan menerima seluruh informasi/data atau sinyal yang diterima dari masing-masing sensor yang ada dalam mesin.
- 2) *Intake Air Temperatur* (IAT) sensor dipasang pada *throttle body*, berfungsi untuk mendeteksi temperatur udara yang masuk ke dalam silinder mesin.
- 3) *Manifold Absolute Pressure* Sensor (MAP sensor) berfungsi mengukur jumlah udara yang masuk ke dalam silinder mesin berdasarkan tekanan udara pada *intake manifold*.

- 4) *Throttle Position* (TP) sensor merupakan sensor yang dipasang pada *throttle body* yang berfungsi untuk mendeteksi posisi bukaan katup gas (*throttle valve*).
- 5) *Engine Oil Temperature* (EOT) sensor berfungsi untuk mendeteksi temperatur mesin melalui temperatur pelumas mesin.
- 6) *Engine Coolant Temperature* (ECT) sensor merupakan sensor yang bekerja mendeteksi temperatur dari cairan pendingin mesin kemudian mengirim data tersebut ke ECU, umumnya ECT digunakan pada mesin injeksi dengan tipe pendingin menggunakan cairan.
- 7) CKP (*Crankshaft Position*) sensor merupakan sensor yang berfungsi mendeteksi posisi poros engkol untuk menentukan kapan waktu pengapian dan kapan waktu penginjeksian bahan bakar.
- 8) *Speed* Sensor merupakan sensor yang berfungsi mendeteksi kecepatan dari kendaraan bermotor tersebut tersebut, Tidak semua sepeda motor injeksi menggunakan *Speed* sensor ini.
- 9) *Bank Angle* sensor adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kemiringan sepeda motor. ECU (*Electronic Control Unit*) akan mematikan signal ke injektor, koil pengapian dan juga pompa bahan bakar apa bila kendaraan dalam posisi kemiringan lebih dari $55^0 \pm 5^0$, sehingga mesin motor otomatis akan mati. Dengan adanya *bank angle* sensor memungkinkan mesin kendaraan segera mati bila pengendara terjatuh. Tetapi pada saat sepeda motor berbelok hingga

sudut kemiringannya melebihi $55^0 \pm 5^0$, mesin akan tetap hidup karena efek gaya sentrifugal saat kendaraan melaju membuat *bank angle* sensor tidak bekerja. *Bank angel* sensor ini biasa digunakan pada sepeda motor pabrikan Honda, sedangkan Suzuki menggunakan *Tip-Over* sensor, dan Yamaha menggunakan *Lean angel* sensor, yang mana tidak ada bedanya secara fungsi dan cara kerja, hanya pada penamaannya saja.

10) O_2 (*Oxygen*) sensor merupakan sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi kadar oksigen yang terkandung pada gas buang dari mesin, kemudian sensor ini akan mengkoreksi dan memberi informasi pada ECU untuk kemudian ECU mengolah informasi tersebut untuk selalu membuat campuran bakar dan udara selalu ideal dalam setiap proses pembakaran.

11) MIL (*Malfunction Indicator Lamp*) merupakan lampu indikator yang berfungsi sebagai penanda pada pengendara tentang adanya kerusakan pada sistem injeksi.

3. Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Sepeda Motor

Teknologi sistem bahan bakar injeksi sebenarnya telah lama diterapkan pada sepeda motor, dimulai pada sekitar tahun 1982 produsen sepeda motor Honda di Jepang telah menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi pada produk Honda CX500, begitu pula dengan produsen Yamaha yang juga menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi pada Yamaha XJ750D.

Kemudian teknologi tersebut terus mengalami perkembangan hingga saat ini (detikoto.com: 2011).

Di Indonesia sendiri, teknologi sistem bahan bakar injeksi terus mengalami perkembangan dan hampir semua varian sepeda motor keluaran terbaru kini sudah menggunakan teknologi sistem bahan bakar injeksi ini, bahkan varian sepeda motor lama yang masih menggunakan karburator telah diganti dengan versi injeksi, karena teknologi sistem bahan bakar injeksi dirasa lebih ramah lingkungan dan lebih efisien.

Pertama kali dipelopori oleh produsen Honda di Indonesia yang menerapkan teknologi injeksi tersebut pada tahun 2005 dengan mengeluarkan produk Honda Supra X 125 FI. Kemudian diikuti oleh produsen lain seperti Yamaha yang mulai menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi di Indonesia pertama kali pada tahun 2007 dengan produk mereka Yamaha V-ixion, dan pada tahun 2008 produsen Suzuki juga telah menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi pertama kali pada produk mereka yaitu Suzuki Shogun SP 125 FI. Masing-masing dari produsen sepeda motor tersebut menyebut teknologi sistem bahan bakar injeksi yang mereka terapkan dengan nama yang berbeda-beda, tetapi secara garis besar tidak memiliki perbedaan dalam cara kerja dan fungsinya.

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, produsen Honda menyebut teknologi sistem bahan bakar injeksi yang mereka gunakan dengan nama PGM-FI (*Programmed Fuel Injection*) dan menerapkan pada semua produknya, sedangkan Yamaha menamai teknologi injeksi mereka dengan

YM Jet-FI (*Yamaha Mixture Jet Fuel Injection*) tetapi tidak semua produk Yamaha menerapkan sistem injeksi YM Jet-FI, dan Suzuki menyebut teknologi sistem bahan bakar injeksi mereka dengan DCP-FI (*Discharge Pump Fuel Injection*) yang mana hanya diterapkan pada produk Suzuki Shogun SP 125 FI.

a. PGM-FI

PGM-FI (*Programmed Fuel Injection*) merupakan nama yang diberikan Honda pada teknologi sistem bahan bakar injeksi yang diterapkan pada produk-produk mereka. PGM-FI merupakan sistem suplai bahan bakar dengan menggunakan kendali secara elektronik sehingga mampu mengatur pasokan bahan bakar dan udara secara optimum yang dibutuhkan oleh mesin pada setiap keadaan mesin, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan.

Teknologi PGM-FI diklaim oleh Honda lebih irit dibanding dengan teknologi sebelumnya yaitu sistem bahan bakar karburator hingga 10-15%, serta teknologi PGM-FI juga diklaim mampu menekan emisi gas buang hingga 90% (*welovehonda.com*: 2013).

1) Prinsip Kerja PGM-FI

Prinsip kerja PGM-FI tidak berbeda dengan sistem EFI pada umumnya, yaitu ECU sebagai mengolah data yang diberikan oleh komponen *input* atau sensor-sensor kemudian data yang diterima oleh ECU tersebut diolah untuk memberikan sinyal kepada komponen *output* seperti pompa bahan bakar, injektor, dan MIL.

Bahan bakar dari tangki dipompa melalui *fuel pump* ke injektor dengan tekanan sekitar 294 kPa atau 3,0 kgf/cm² atau 43 psi (PT. Astra Honda Motor: 2005). Bila tekanan lebih dari tekanan tersebut maka bahan bakar akan dialirkan kembali ke tangki untuk menjaga agar tekanan bahan bakar selalu sama melalui *pressure regulator*. Bahan bakar bertekanan 294 kPa mengalir melalui selang bertekanan tinggi dan masuk ke injektor. Bukaannya lubang injektor diatur oleh ECM yang akan mengalirkan arus ke *solenoid* pada injektor sehingga terjadi kemagnetan pada *solenoid* dan mengangkat *plunger* pada injektor, sehingga lubang injektor terbuka dan mengalirkan bahan bakar dengan tekanan yang pas (294 kPa).

Throttle body memastikan jumlah, tekanan dan temperatur udara yang masuk melalui *throttle valve* dengan menggunakan TP sensor, MAP sensor dan IATS kemudian memberikan informasi kepada ECM. Kemudian hasil antara olahan udara dari *throttle body* dengan komposisi bahan bakar yang dikeluarkan oleh injektor yang diatur oleh ECU menghasilkan campuran udara dan bahan bakar yang ideal.

2) Komponen PGM-FI

Komponen pada teknologi PGM-FI pada dasarnya sama dengan sistem bahan bakar injeksi pada umumnya. Diantaranya adalah :

- a) ECM (*Electronic Control Module*) sebagai pengontrol kinerja sistem, mengolah data dan informasi yang diberikan oleh komponen input atau sensor-sensor kemudian data dan informasi yang diterima oleh ECU tersebut diolah untuk memberikan sinyal kepada komponen output seperti pompa bahan bakar, injektor, ignition, dan MIL.
- b) TP sensor sebagai sensor pendeteksi bukaan katup *throttle* secara presisi untuk memberikan informasi jumlah bahan bakar kepada ECM.
- c) EOT sensor yang berfungsi mendeteksi suhu mesin untuk memberikan informasi jumlah bahan bakar optimum.
- d) ECT sensor yang berfungsi mendeteksi temperatur dari cairan pendingin mesin, ECT digunakan pada mesin yang menggunakan sistem pendingin tipe cairan.
- e) CKP sensor yang berfungsi untuk mendeteksi putaran mesin dan posisi *crankshaft* untuk memberikan informasi waktu yang tepat ke ECM.
- f) VS (*Vehicle Speed*) sensor berfungsi untuk mendeteksi kecepatan dari sepeda motor, pada umumnya sensor ini dihubungkan dengan *speedometer*. Tidak semua sepeda motor PGM-FI menggunakan sensor ini.

- g) O₂ sensor yang berfungsi mendeteksi kadar oksigen dalam gas buang untuk memberikan informasi campuran bahan bakar yang ideal ke ECM.
- h) *Bank Angle* sensor yang berfungsi untuk mendeteksi sudut kemiringan sepeda motor.
- i) Pompa bahan bakar yang berfungsi untuk memompa bahan bakar dengan tekanan yang ideal yaitu 294 kPa atau 3,0 kgf/cm² atau 43 psi (PT. Astra Honda Motor: 2005).
- j) Injektor yang berfungsi untuk menginjeksikan bahan bakar yang akan bercampur dengan udara didalam ruang bakar.
- k) MIL adalah lampu indikator yang berfungsi untuk mendeteksi kegagalan atau kerusakan pada sistem.

Perkembangan pada teknologi PGM-FI ini terus dilakukan oleh Honda, salah satunya adalah dengan menerapkan teknologi ISS pada PGM-FI yang diterapkan pada produk Honda PCX dan Vario Techno 125 ISS. Menurut artikel pada *otomotifnet.com* (2013) ISS (*Idling top System*) merupakan inovasi dari Honda yang bertujuan untuk lebih menghemat konsumsi bahan bakar dengan cara mematikan mesin secara otomatis saat keadaan berhenti sesaat atau pada saat terjadi kemacetan. ISS dapat bekerja apabila suhu mesin telah mencapai 60⁰ C, telah berjalan minimal 10 km/jam, *throttle* dalam posisi tertutup penuh dan kendaraan berhenti setidaknya 3 detik.

Cara kerja ISS ini adalah saat switch ISS diaktifkan, maka ECU akan mendeteksi kondisi mesin berdasarkan data yang diterima dari ECT yang mendeteksi temperatur mesin, VS sensor yang mendeteksi kecepatan kendaraan dan TPS yang mendeteksi bukaan *throttle*. Apabila temperatur mesin sudah lebih dari 60°C , kendaraan sudah berjalan setidaknya 10 km/jam dan throttle dalam posisi tertutup penuh, dan berhenti lebih dari 3 detik, maka ECU akan mematikan mesin dan lampu indikator ISS akan menyala. Kemudian saat throttle dibuka kembali, TPS akan memberikan sinyal ke ECU untuk memerintahkan alternator yang dalam Vario berfungsi sebagai motor starter untuk menghidupkan mesin kembali sehingga tidak perlu menekan switch starter (*Otomotifnet.com: 2013*).

Kelebihan dari teknologi ini adalah PGM-FI mampu menjaga campuran udara dan bahan bakar selalu seimbang dan sama yaitu 14,7 : 1 pada setiap kondisi mesin. Tetapi harga untuk *sparepart* perangkat injeksi dari Honda ini terbilang cukup mahal jika dibandingkan dengan harga *sparepart* dari produsen lain. Saat ini teknologi PGM-FI telah diaplikasikan pada semua produk Honda.

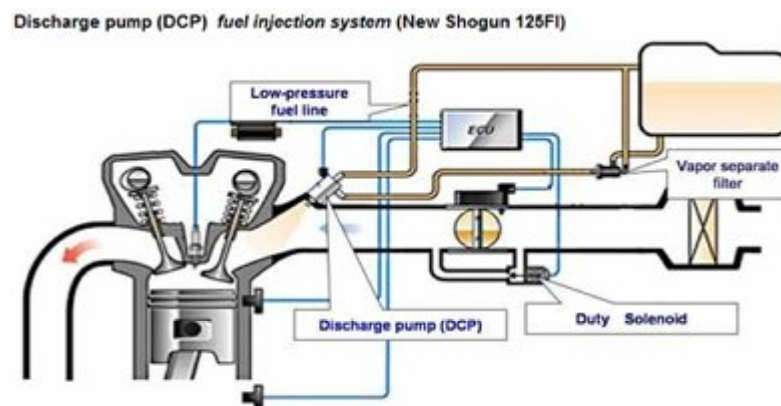
b. DCP-FI

DCP-FI (*Discharge Pump Fuel Injection*) merupakan teknologi sistem bahan bakar injeksi yang ada pada Suzuki. Pengaplikasian teknologi DCP-FI ini juga memiliki tujuan yang sama dengan pengaplikasian sistem EFI pada produsen sepeda motor lain, yaitu untuk

meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menekan emisi gas buang agar lebih ramah lingkungan. Dari hasil komparasi yang dimuat dalam harian Kompas dan berbagai media lainnya dengan beberapa produk sepeda motor injeksi dari produsen lainnya saat itu, sepertinya Suzuki Shogun 125 SP yang menggunakan teknologi DCP-FI lebih unggul dari segi sistem injeksi, fitur dan kestabilan motor itu sendiri. Teknologi DCP-FI ini juga diklaim lebih irit bahan bakar 1 Km dibanding dengan kompetitor lain pada jamannya serta ramah lingkungan dan perawatan yang lebih mudah (PT. Suzuki Indomobil: 2012).

1) Prinsip Kerja

Pada dasarnya prinsip kerja teknologi DCP-FI ini tidak berbeda jauh dengan teknologi injeksi lainnya, yang membedakan teknologi ini dengan teknologi injeksi pada sepeda motor lainnya adalah terletak pada sistem penyaluran bahan bakarnya.



Gambar 8. Bagan Teknologi DCP-FI (PT. Suzuki Indomobil: 2012)

Suzuki Shogun 125 SP FI yang menggunakan teknologi DCP-FI menganut sistem *discharge pump*, sedangkan sepeda motor

injeksi lainnya menerapkan sistem injeksi yang ada pada umumnya atau sistem EFI konvensional. Dengan kata lain teknologi DCP-FI ini hanya berbeda pada pengiriman bahan bakar dari tangki bahan bakar ke injektor.

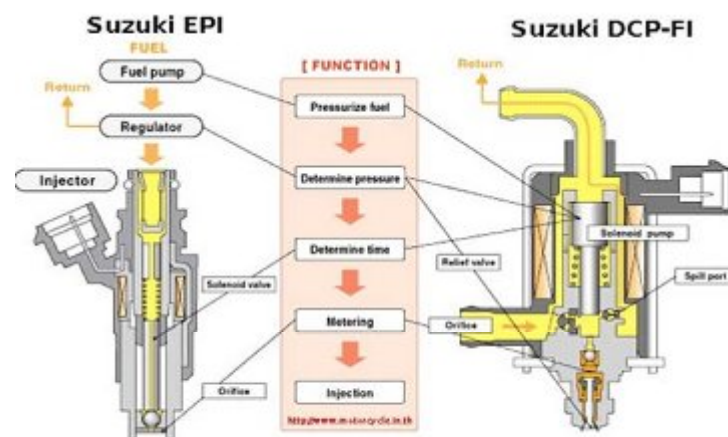
Jika pada sistem EFI yang lain memisahkan antara komponen injektor, *fuel pump* dan regulator, maka pada teknologi DCP-FI komponen injeksi, *fuel pump* dan regulator bergabung dalam satu kesatuan membuat aliran bahan bakar dari tangki bahan bakar tidak memerlukan tekanan yang terlalu besar untuk masuk ke dalam *fuel pump*, regulator dan diteruskan ke injektor. Sehingga kerja *fuel pump* pada sistem DCP-FI akan lebih ringan. Selibihnya cara kerja dari teknologi DCP-FI sama dengan sistem injeksi lainnya.

2) Komponen pada DCP-FI

Komponen pada teknologi DCP-FI juga tidak berbeda dengan teknologi pada sistem EFI pada umumnya, yaitu :

- a) ECM sebagai otak yang menerima input data dari sensor lalu memberikan perintah pada injektor.
- b) Kemudian sensor-sensor yang memberikan data informasi kepada ECM antara lain *Engine Temperature Sensor* (ET), *Intake Air Pressure Sensor* (IAPS), *Intake Air Temperatur Sensor* (IATS), *Throttle Position Sensor* (TPS) juga *Crankshaft Position Sensor* (CPS).

- c) Selain itu juga ada *Tip-Over* sensor yang fungsinya sama dengan *bank angle* sensor pada PGM-FI, yaitu mendeteksi sudut kemiringan sepeda motor, selain itu juga dilengkapi dengan *Heated Oxygen Sensor* (HO₂ sensor), berbeda dengan O₂ sensor pada sistem injeksi lain, HO₂ sensor pada sistem ini dapat bekerja lebih cepat karena terdapat pemanas agar lebih cepat mencapai suhu 80⁰ C dimana pada kisaran suhu tersebut O₂ sensor pada sistem injeksi yang lain baru mulai bekerja secara maksimal (PT. Suzuki Indomobil: 2012). Dan *Discharge pump* yang merupakan gabungan dari komponen *fuel pump*, *pressure regulator* dan injektor.



Gambar 9. Perbandingan DCP-FI dengan Injektor konvensional FI
(PT. Suzuki Indomobil: 2012)

- d) Serta teknologi DCP-FI juga dilengkapi dengan ISC (*Idle Speed Control*) yang berfungsi untuk menjaga putaran mesin saat *idle* tetap konstan. Fungsinya menggantikan *choke* pada karburator.

Kelebihan dari teknologi DCP-FI ini adalah aliran bahan bakar dari tangki tidak memerlukan tekanan yang terlalu besar, bahkan bahan bakar turun dibantu dengan gaya grafitasi, hal ini dapat meringankan kerja dari *fuel pump*. Konstruksinya pun lebih ringkas, serta tidak memerlukan selang bertekanan tinggi.

Sedangkan kekurangan dari teknologi DCP-FI ini adalah ketika terjadi kerusakan pada salah satu komponen pada *discharge pump* seperti injektor, *fuel pump* atau regulator, maka penggantian harus dilakukan secara *assy*. Tidak dapat terpisah masing-masing komponen. Selain itu harga *sparepart* perangkat ini juga tergolong mahal.

Teknologi DCP-FI ini hanya diterapkan pada Suzuki Shogun 125 SP, sedangkan produk FI Suzuki terbaru seperti Suzuki Nex dan Suzuki Shooter menggunakan sistem EPI (Electronic Petrol Injection) dimana seperti sistem FI pada umumnya, pompa bahan bakar terletak pada tangki bahan bakar. Hal ini untuk menghemat biaya penggantian komponen yang jika pada DCP-FI injektor dan pompa bahan bakar menjadi satu kesatuan. Kemudian pada sistem EPI ini menggunakan injektor dengan 4 lubang dan kelengkapan sensor-sensor antara lain IAPS (Intake Air Pressure Sensor), IATS (Intake Air Temperature Sensor), TPS, CKP, Engine Temperatur Sensor (ETS), O2 sensor, dan Tip-Over sensor (Otomotifnet.com:2012).

Untuk produk Suzuki lainnya seperti Suzuki Smash yang digunakan sebagai media pada modifikasi ini hingga generasi terbaru

yaitu Suzuki Smash Titan masih tetap menggunakan sistem bahan bakar karburator. Sementara itu konstruksi pada Suzuki Smash terkait dengan sistem bahan bakarnya yang masih menggunakan karburator ini pada sepeda motor tersebut menggunakan karburator mikuni VM18SH dengan diameter venturi 18 mm dan untuk diameter lubang *intake* pada kepala silinder juga berdiameter 18 mm, sementara untuk tangki bahan bakarnya memiliki kapasitas 4,3 liter dengan panjang 290 mm, lebar 193 mm dan tinggi atau kedalamannya pada bagian depan mencapai 120 mm dan pada bagian belakang hanya 90 mm (PT. Suzuki Indomobil: 2008).

c. YM Jet-FI

YM Jet-FI (*Yamaha Mixture Jet Fuel Injection*) merupakan teknologi sistem bahan bakar injeksi dari produsen Yamaha. YM Jet-FI tidak jauh berbeda dengan sistem bahan bakar injeksi PGM-FI maupun DCP-FI, Tujuan dari pengaplikasian teknologi YM Jet-FI adalah untuk meningkatkan efisiensi pada produk sepeda motor Yamaha serta menekan emisi gas buang yang tidak ramah lingkungan.

Pada teknologi YM Jet-FI, yang dimaksud dengan *Mixture jet* adalah proses pengkabutan bahan bakar di ruang bakar yang membentuk aliran turbulensi. Sehingga aliran jet membuat atomisasi partikel menjadi lebih homogen, turbulensi campuran bahan bakar di ruang bakar menjadi lebih kuat, mesin mudah dihidupkan pada saat kondisi dingin, dan konsumsi bahan bakar yang efisien saat kecepatan rendah dan konstan.

Teknologi YM Jet-FI diklaim oleh Yamaha mampu lebih irit bahan bakar hingga 30% dibanding dengan produk sebelumnya yang masih menggunakan karburator. Dari pengetesan yang dilakukan oleh ITB (Institut Teknologi Bandung) pada Yamaha GT125 yang telah mengaplikasikan teknologi YM Jet-FI, konsumsi bahan bakar dari motor tersebut mampu mencapai 78,98 Km/liter dengan kecepatan konstan 40 Km/Jam (*Otomotifnet.com*: 2012).

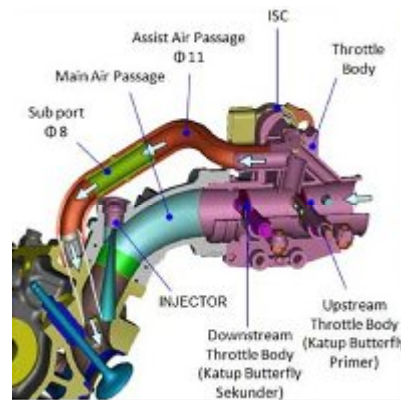
1) Prinsip Kerja

Prinsip kerja teknologi YM Jet-FI juga tidak jauh berbeda dengan teknologi injeksi lain, yaitu bahan bakar dari tangki di pompa oleh *fuel pump* dengan tekanan hingga 324 kPa (PT. YIMM: 2012) dimana tekanan tersebut lebih besar bila dibanding dengan tekanan bahan bakar dari *fuel pump* pada teknologi PGM-FI, tetapi sesaat kemudian tekanan dari *fuel pump* tersebut akan menurun jika mesin tidak dinyalakan. Bahan bakar bertekanan tersebut dialirkan melalui *fuel feed hose* ke injektor. Bukaannya *nozzle* injektor juga diatur oleh ECU sesuai dengan informasi yang didapat dari sensor-sensor yang ada.

2) Konstruksi *Throttle body*

Pada teknologi YM Jet-FI konstruksi *throttle body* sedikit berbeda dengan *throttle body* yang ada pada sistem injeksi yang lain. Pada *throttle body* YM Jet-FI dirancang memiliki dua buah katup *throttle* yaitu *upstream throttle valve* dan *downstream throttle valve*.

Upstream throttle valve atau katup primer terletak pada ujung *throttle body* dekat dengan filter udara, sedangkan *downstream throttle valve* atau katup sekunder mengarah langsung ke *intake manifold* atau pada YM Jet FI disebut dengan *main air passage*.



Gambar 10. Konstruksi *Throttle Body* YM Jet-FI (*otomotifnet.com*: 2012)

Pada saat putaran *idle*, kedua katup masih tertutup. Aliran udara diatur oleh ISC melewati *air assist passage*, perangkat tersebut menjaga agar putaran mesin pada saat *idle* tidak lebih kurang dari 1600 rpm. Saat *throttle* terbuka kurang dari 10 % maka hanya katup primer yang terbuka, aliran udara yang masuk ke ruang bakar belum melewati *main air passage* melainkan masih melewati *air assist passage*. Kondisi tersebut bertahan hingga putaran mesin berkisar antara 4.000 rpm – 5000 rpm. Semakin besar *handle* gas dibuka maka katup sekunder akan mulai terbuka. Pada kondisi ini aliran udara mulai masuk melalui *main air passage*, sedangkan aliran udara pada *air assist passage* secara perlahan benar-benar berhenti setelah gas dibuka penuh.

Pada putaran rendah, aliran udara sengaja dipaksa untuk melewati *air assist passage* guna mendapat suplai udara yang efisien, tidak terlalu banyak tetapi memiliki tekanan yang lebih besar. Sehingga konsumsi bahan bakar dapat lebih irit. *Air assist passage* juga mampu memberi efek turbulensi dan didukung dengan *fuel pump* yang bertekanan lebih tinggi (324 kPa), maka atomisasi bahan bakar dapat lebih halus, pembakaran semakin baik, torsi meningkat tanpa mengurangi efisiensi bahan bakar (*otomotifnet.com*: 2012).

3) Komponen pada YM Jet FI

Komponen yang ada pada teknologi YM Jet FI juga tidak jauh berbeda dengan teknologi sistem injeksi yang lain.

ECU (*Electronic Control Unit*) memonitor dan menganalisa sinyal yang diterima dari berbagai sensor kemudian meneruskan perintah ke komponen aktuator (injektor, *fuel pump*, dll).

- a) *Fuel pump* pada YM Jet FI mengadopsi teknologi *brushless* dimana pada bagian *commutator* tidak terdapat *brush* dan mekanismenya diatur oleh *microcontroller*, sehingga putaran motor lebih tinggi, konsumsi listrik rendah dan suara motor lebih halus. Tekanan bahan bakar yang dihasilkan *fuel pump* pada YMJet-FI mencapai 324 kPa (PT. YIMM: 2012).
- b) *Throttle body* dengan beberapa komponen penunjang YM Jet-FI seperti ISC (*Idle Speed Control*), MAQS (*Modulated Air*

Quantity Sensor) yang terdiri dari TP (*Throttle Position*) sensor, IAPS (*Intake Air Pressure Sensor*) dan IATS (*Intake Air Temperature Sensor*).



Gambar 11. *Throtlle Body* YM Jet-FI (*otomotifnet.com*: 2012)

- c) *Engine Temperature Sensor* dan O_2 Sensor yang berfungsi untuk memberi informasi pada ECU terkait dengan temperatur mesin dan kandungan oksigen pada gas buang.
- d) Serta Injektor dengan 4 lubang untuk mengoptimalkan efisiensi bahan bakar.

Teknologi YM Jet-FI ini tidak diaplikasikan pada semua produk yamaha, melainkan hanya pada produk matik seperti Yamaha Mio J *series*, Yamaha X-ride dan Yamaha Xeon *series*. Sedangkan pada Yamaha Jupiter Z1 dan Yamaha Force menggunakan teknologi injeksi seperti pada teknologi injeksi yang digunakan pada Yamaha V-ixion.

Sistem injeksi pada Yamaha Jupiter Z1 berbeda dengan sistem injeksi pada Yamaha Mio J yang menggunakan teknologi YM-Jet FI. Menurut ulasan *otomotifnet.com* (2012), hal ini karena sistem injeksi pada Yamaha jupiter Z1 dan Yamaha V-ixion disesuaikan dengan

spesifikasi kebutuhan mesinnya. Pada dasarnya Yamaha V-ixion dan Yamaha Jupiter Z1 didesain untuk kecepatan dan performa, sedangkan Yamaha Mio J *series* lebih ditekankan pada akselerasi dan efisiensi bahan bakar.

Komponen sistem injeksi pada Yamaha Jupiter Z1 terdiri dari ECU, Injektor, pompa bahan bakar, *throttle body*, selang tekanan tinggi dan sensor- sensor seperti TPS, IATS, IAPS, O2 sensor, EOT sensor. Tidak seperti Yamaha V-Ixion yang menggunakan *Lean angel* sensor sebagai fitur keamanan saat kendaraan terjatuh, pada Yamaha Jupiter Z1 tidak terdapat sensor tersebut.



Gambar 12. Komponen Injeksi Yamaha Jupiter Z1 (*otomotifnet.com*: 2012)

Konstruksi *throttle body* pada sistem injeksi Yamaha Jupiter Z1 juga berbeda dari konstruksi *throttle body* yang digunakan pada sistem injeksi YMJet-FI, dimana konstruksi pada *throttle body* Yamaha Jupiter Z1 memiliki 1 katup *throttle* pada *Throttle body* yang memiliki diameter lubang venturi 22 mm, sehingga pada semua tingkat kecepatan, suplai udara masuk melalui *throttle body* secara langsung.



Gambar 13. *Throttle Body* Yamaha Jupiter Z1(otomotifnet.com: 2012)

Selain itu juga sistem injeksi pada Yamaha Jupiter Z1 menggunakan injektor dengan 6 lubang untuk menunjang performa tetapi tetap ramah lingkungan, injektor yang digunakan memiliki tekanan semprotan maksimal sebesar 295 kPa.



Gambar 14. Injektor Yamaha Jupiter Z1(otomotifnet.com: 2012)

Kemudian untuk pompa bahan bakarnya juga tidak sama dengan pompa bahan bakar yang digunakan pada Yamaha Mio J series, dimana pompa bahan bakar pada Yamaha Jupiter Z1 ini masih menggunakan pompa bahan bakar tipe *brush* dan menghasilkan tekanan $2,94 \text{ kgf/cm}^2$ atau 288 kPa (PT. YIMM: 2014).

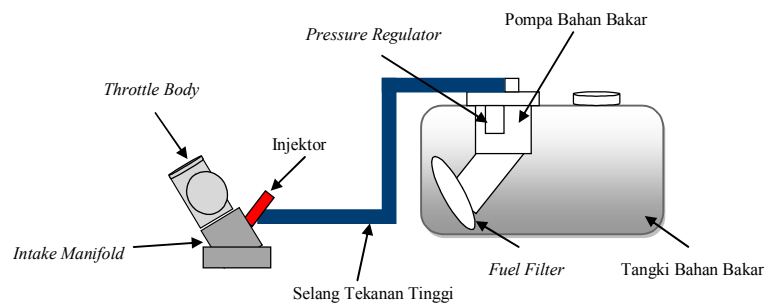
Yamaha Jupiter Z1 diklaim lebih irit bahan bakar hingga 20% dibanding dengan produk sebelumnya yang masih menggunakan sistem bahan bakar karburator.

BAB III KONSEP RANCANGAN

Modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash AD 2663 ZG ini terdiri dari dua tinjauan, yaitu tinjauan sistem bahan bakar dan tinjauan sistem kontrol elektronik, pada proyek akhir ini akan lebih membahas mengenai perancangan dan proses modifikasi pada tinjauan sistem bahan bakar. Dirancang dengan sedemikian rupa sehingga dalam modifikasi ini semua perangkat dan komponen yang ada dalam sistem bahan bakar injeksi dapat terpasang secara baik dan mampu bekerja dengan sebagai mana mestinya. Modifikasi ini diharapkan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan pada sepeda motor Suzuki Smash AD 2663 ZG tersebut.

A. Perancangan Modifikasi

Modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG untuk tinjauan sistem bahan bakar yang merupakan sistem penyuplai bahan bakar ini meliputi beberapa komponen mulai komponen yang ada pada tangki bahan bakar hingga ke *throttle body/intake manifold*. Komponen-komponen tersebut diantaranya adalah pompa bahan bakar, selang tekanan tinggi, dan injektor.



Gambar 15. Rancangan Sistem Bahan Bakar

Perancangan modifikasi sistem bahan bakar ini meliputi rancangan pemasangan komponen-komponen dari sistem bahan bakar injeksi yang akan digunakan pada Suzuki Smash. Sebelum melakukan tahap-tahap perancangan modifikasi, tahap pertama terlebih dahulu adalah menentukan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan. Pada saat ini telah banyak produk sepeda motor dari berbagai merk yang telah menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi, sehingga komponen-komponen injeksi yang ada memiliki beragam bentuk/dimensi ukuran dan spesifikasi serta harga yang berbeda-beda, maka dari itu pemilihan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan ditentukan dari beberapa faktor diantaranya dari faktor bentuk/dimensi ukuran komponen, kemudian dari faktor harga, serta dari faktor spesifikasi yang sesuai atau mendekati dengan kapasitas mesin dari Suzuki Smash.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut serta dari beberapa kajian teori yang sebelumnya dibahas, komponen-komponen injeksi yang akan digunakan pada modifikasi ini adalah komponen pada sistem injeksi Yamaha Jupiter Z1, karena komponen-komponen sistem injeksi Yamaha Jupiter Z1 ini memiliki bentuk/dimensi yang mudah untuk dipasang pada Suzuki Smash, Selain itu komponen-komponen injeksi pada Yamaha Jupiter Z1 ini paling ekonomis dalam hal harga jika dibanding dengan yang lain, juga kapasitas mesin Yamaha Jupiter Z1 yang mendekati dengan kapasitas mesin Suzuki Smash.

Setelah komponen injeksi yang akan digunakan telah ditentukan, maka tahap-tahap perancangan modifikasi selanjutnya adalah sebagai berikut:

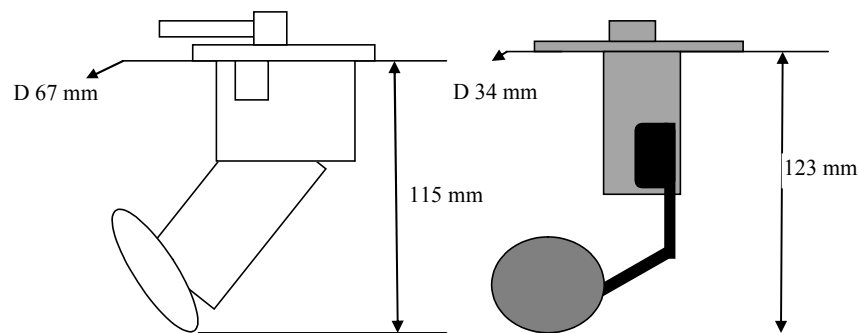
1. Perancangan Letak Pompa Bahan Bakar

Pompa bahan bakar (*fuel pump*) yang sekaligus juga dilengkapi dengan saringan bahan bakar (*fuel filter*) pada modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini terletak didalam tangki bahan bakar. Adapun beberapa perancangan untuk letak pompa bahan bakar ini yaitu sebagai berikut:

a. Perancangan Tangki Bahan Bakar

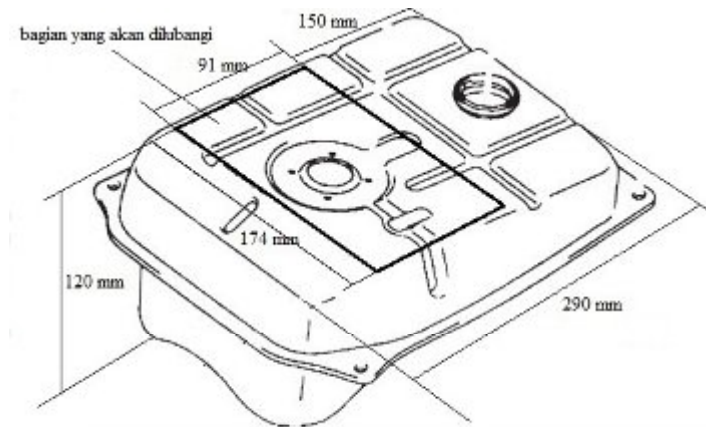
Perancangan tangki bahan bakar ini untuk menentukan letak pompa bahan bakar dan pelampung pada tangki dengan memperhatikan bentuk dimensi dari kedua konponen tersebut agar pompa bahan bakar dan pelampung dapat menjangkau atau paling tidak mendekati hingga bagian dasar tangki. Sehingga kemungkinan bahan bakar pada tangki yang tidak terhisap oleh pompa bahan bakar menjadi minimal, serta pengukuran jumlah bahan bakar oleh pelampung menjadi lebih akurat.

Sesuai tahapan sebelumnya yaitu menentukan komponen yang akan digunakan, pompa bahan bakar yang akan digunakan pada modifikasi ini adalah pompa bahan bakar Jupiter Z1 yang berdiameter 67 mm dan panjang 115 mm, untuk pelampungnya masih menggunakan pelampung dari Suzuki Smash berdiameter 34 mm dan panjang 123 mm.



Gambar 16. Dimensi Pompa Bahan Bakar dan Pelampung

Tangki bahan bakar yang akan digunakan adalah tangki bahan bakar Suzuki Smash yang memiliki dimensi panjang keseluruhan 290 mm, lebar keseluruhan 193 mm serta tinggi atau kedalaman pada bagian depan 120 mm dan bagian belakang 90 mm.



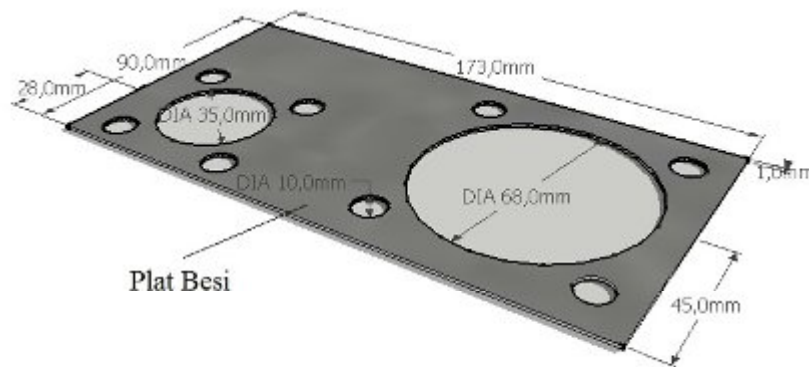
Gambar 17. Rancangan Lubang pada Tangki

Dengan mengacu pada dimensi tangki bahan bakar serta dimensi dari pompa bahan bakar dan pelampung, maka akan dibuat dudukan untuk pompa bahan bakar dan pelampung menjadi satu dengan bentuk persegi panjang pada bagian depan tangki seperti pada gambar diatas, sehingga pompa bahan bakar dan pelampung dapat terpasang dan menjangkau hingga bagian dasar tangki.

b. Perancangan Dudukan Pompa Bahan Bakar

Perancangan dudukan pompa bahan bakar ini digunakan untuk membuat dudukan sebagai tempat pemasangan pompa bahan bakar dan pelampung yang kemudian akan disatukan dengan tangki. Sesuai dengan perancangan pada tangki sebelumnya, dudukan pompa bahan bakar dan

pelampung ini akan dibuat menjadi satu bagian dengan menggunakan bahan plat besi berukuran panjang 173 mm, lebar 90 mm dan ketebalan 1 mm. Kemudian pada bagian kiri dari dudukan tersebut akan dibuat lubang dengan titik pusat 45 mm dari tepi dan berdiameter 68 mm yang disesuaikan dengan diameter luar dari pompa bahan bakar, sedangkan pada bagian kanan akan dibuat lubang dengan titik pusat 28 mm dari tepi depan dan berdiameter 35 mm yang disesuaikan dengan diameter luar pelampung bahan bakar, serta empat lubang di keempat sisi kedua lubang tersebut sebagai lubang baut pengikatnya.



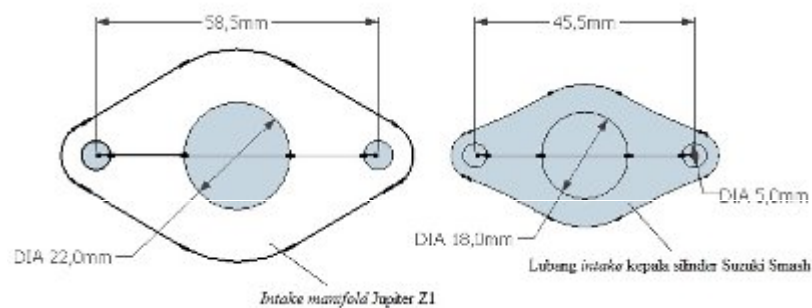
Gambar 18. Rancangan Dudukan Pompa Bahan Bakar

Dari perancangan pada tangki sebelumnya dan perancangan dudukan pompa bahan bakar ini nantinya didapat selisih dari dasar tangki dengan panjang pompa bahan bakar adalah 5 mm, dan selisih dengan panjang pelampung adalah 2 mm, sehingga bahan bakar yang tidak terpompa menjadi minimal dan pengukuran oleh pelampung dapat mendekati akurat.

Kemudian dudukan dari plat besi setebal 1 mm yang telah dibuat akan disatukan dengan tangki bahan bakar menggunakan las astilin beserta mur pada setiap lubang baut sebagai ulirnya agar tidak bocor karena jika dibanding dengan menggunakan las listrik, las astilin dapat lebih rapat.

2. Perancangan Saluran *Intake*

Pada modifikasi ini *intake manifold* yang akan digunakan sesuai pada tahapan pemilihan komponen yaitu menggunakan *intake manifold* dari Yamaha Jupiter Z1. Lubang *intake* pada *intake manifold* Yamaha Jupiter Z1 ini memiliki diameter 22 mm, sementara diameter lubang *intake* pada kepala silinder Suzuki Smash adalah 18 mm. Kemudian untuk jarak antara dua lubang baut adalah 58,5 mm, sedangkan jarak dua lubang baut intake pada kepala silinder Suzuki Smash adalah 45,5 mm. Maka perancangan saluran intake ini adalah menyesuaikan jarak dua lubang baut pada *intake manifold* dengan jarak dua lubang baut pada kepala silinder Suzuki Smash, sehingga nantinya *intake manifold* dapat terpasang dengan baik dan tidak bocor pada kepala silinder, selain itu juga menyesuaikan diameter lubang *intake* pada kepala silinder dengan lubang *intake* pada *intake manifold* agar tidak menghambat aliran udara yang masuk.



Gambar 19 . Perbandingan Dimensi Lubang *Intake*

Diketahui bahwa selisih jarak dua lubang baut yang ada pada *intake manifold* dengan yang ada pada kepala silinder adalah 13 mm, sehingga pada rancangan *intake manifold* ini akan menggeser lubang baut pada *intake manifold* ke arah dalam dengan jarak 6,5 mm pada setiap lubang bautnya, serta perlu mengikis bagian tepi atas dari lubang *intake* pada kepala silinder hingga tidak ada hambatan aliran udara dari *intake manifold*. Pemasangan *intake manifold* ini dirancang menghadap ke arah depan menyesuaikan arah injektor untuk menghadap langsung ke katup *inlet*, sehingga arah penyemprotan atau penginjeksian bahan bakar dapat langsung terjadi dekat katup *inlet*. Kemudian selanjutnya adalah pemasangan *throttle body* dan injektor pada *intake manifold* tersebut, komponen *throttle body* dan injektor yang digunakan pada modifikasi ini juga akan menggunakan komponen Yamaha Jupiter Z1 agar dapat lebih mudah dalam pemasangan dan sesuai dengan dimensi *intake manifold* yang digunakan.

3. Perancangan Jalur Selang Tekanan Tinggi

Selang/pipa tekanan tinggi (*fuel feed hose*) merupakan komponen pada sistem bahan bakar injeksi yang berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dari pompa bahan bakar menuju ke injektor. Perancangan Jalur selang tekanan tinggi ini digunakan untuk menyesuaikan letak selang tekanan tinggi sedemikian rupa dengan bentuk dari tangki dan ruang bagasi motor pada Suzuki Smash serta jarak antara pompa dan injektor, agar pemasangan dapat lebih mudah, tidak terlipat atau tertekuk, dapat menyalurkan bahan bakar bertekanan tinggi dan mampu mempertahankan tekanan tersebut dengan baik.

Selang tekanan tinggi yang digunakan pada modifikasi ini juga akan menggunakan selang tekanan tinggi dari Yamaha Jupiter Z1. Selang tekanan tinggi ini memiliki diameter 15 mm dan panjang 74,5 cm, dan akan dipasang pada saluran *output* pompa bahan bakar ke saluran *input* pada injektor melalui bagian bawah bagasi/tempat duduk dengan cara melubangi bagian bawah bagasi tersebut.

Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan panjang dari Selang tekanan tinggi dengan jarak antara pompa bahan bakar dengan injektor pada Suzuki Smash, serta agar pemasangan selang tekanan tinggi dapat terpasang dengan rapi dan tidak tertekuk.

B. Analisa Kebutuhan Modifikasi

Dalam modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash ini perlu adanya beberapa rancangan yaitu penempatan pompa bahan bakar yang dapat menjangkau hingga bagian dasar tangki beserta pelampung yang dapat mengukur dengan akurat volume bahan bakar yang ada di dalam tangki, kemudian pemasangan lubang *intake* yang rata/tidak ada hambatan untuk aliran udaranya, serta arah semprotan/penginjeksian bahan bakar dari injektor yang langsung ke katup *inlet*.

Adapun dari modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash ini perlu dipersiapkan beberapa alat dan bahan/komponen injeksi untuk mempermudah dan mempercepat proses pengerjaan modifikasi serta proses pengujian pada hasil akhir dari modifikasi ini. Peralatan dan bahan/komponen yang diperlukan antara lain:

1. Rencana Kebutuhan Alat

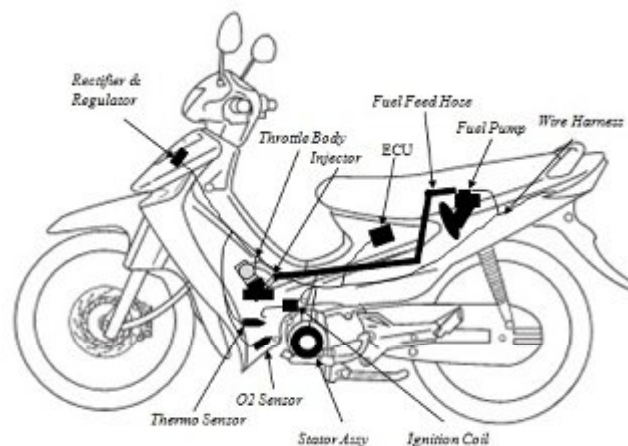
Beberapa peralatan yang akan digunakan untuk proses pengerjaan modifikasi serta proses pengujian dari hasil modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini diantaranya adalah:

- a. Tool Box
- b. Kunci L set
- c. Kunci T8,T10,T12,T14,T17,T19
- d. 1 set Kunci *shock*
- e. Tracker magnet Suzuki Smash
- f. Multi Meter
- g. Gerinda Potong
- h. Bor Listrik
- i. Las Astilin
- j. Bor *tunner*
- k. Mesin bubut
- l. Soldier dan tenol
- m. Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Gas analyser*)
- n. *Stop watch*
- o. *Air Filter Regulator*
- p. *Burret* tangki bahan bakar kapasitas 200 ml, tekanan maks. 5 bar
- q. Tabung tekanan maks. 5 bar
- r. *Burret* ukur
- s. Sportdyno (*Dynotest*)

2. Rencana Kebutuhan Komponen

Rencana bahan/komponen yang diperlukan dalam modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini diantaranya yaitu:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| a. ECU (<i>Engine Control Unit</i>) | j. <i>Fuel Pump assy</i> |
| b. O ₂ Sensor | k. <i>Stator assy</i> |
| c. <i>Thermo Sensor</i> | l. Plat besi P 20cm,L 10cm,T 0,1cm |
| d. <i>Ignition Coil</i> | m. Filter udara variasi |
| e. <i>Wire Harness</i> (kabel body) | n. Cat pilox hitam 300ml |
| f. <i>Rectifier & Regulator</i> | o. 8 buah baut dan mur M 8 |
| g. <i>Injector</i> | p. 3 buah baut M10 |
| h. <i>Throttle body</i> | |
| i. <i>Fuel Feed Hose</i> | |



Gambar 20. Ilustrasi Letak Komponen Injeksi pada Suzuki Smash

C. Rancangan Pengujian

Rancangan pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan kinerja dari mesin Suzuki Smash tersebut dari sebelum dilakukan modifikasi hingga

sesudah dilakukan modifikasi. Pengujian pada proses modifikasi ini terdiri dari tiga pengujian yaitu diantaranya pengujian efisiensi bahan bakar dan pengujian emisi gas buang yang rencananya akan dilakukan di bengkel otomotif kampus Jurusan Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, serta pengujian performa daya dan torsi yang dihasilkan mesin yang rencananya akan dilakukan di Mototech yang beralamatkan di Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta. Adapun rencana langkah-langkah pengujian modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG sebagai berikut:

1. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui konsumsi kebutuhan bahan bakar pada mesin sebelum dan sesudah dimodifikasi dengan cara mengukur konsumsi bahan bakar menggunakan alat pengukur efisiensi bahan bakar yang ada di kampus (*burret*) dengan waktu yang ditentukan (60 detik) dalam berbagai putaran mesin (*idle*, putaran bawah, putaran sedang, dan putaran tinggi).

Rencana pengujian konsumsi bahan bakar ini akan dilakukan dua kali pengujian, yaitu sebelum dilakukan modifikasi dan setelah dilakukan modifikasi. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan dari hasil pengukuran konsumsi bahan bakar pada mesin setelah dilakukan modifikasi pada sistem bahan bakarnya. Data yang diambil dari pengujian ini berupa konsumsi bahan bakar dalam satuan ml (mili liter) dalam setiap 1 menit dan pada setiap tingkat putaran mesin (*idle*, putaran bawah, putaran sedang, dan putaran tinggi), kemudian membandingkan data tersebut dari data pengujian

sebelum modifikasi dan data sesudah modifikasi, jika data pengujian konsumsi bahan bakar sesudah dilakukan modifikasi menunjukkan hasil konsumsi bahan bakar yang lebih irit/efisien dibanding sebelum dilakukan modifikasi, maka modifikasi sistem bahan bakar ini berhasil meningkatkan efisiensi bahan bakar pada Suzuki Smash tersebut.

2. Pengujian Emisi Gas Buang

Pengujian emisi gas buang ini dilakukan dengan cara mengukur tingkat emisi atau kandungan gas yang terkandung dalam emisi yang dihasilkan mesin dengan menggunakan alat Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Gas analyser*) yang ada di bengkel kampus. Sama dengan rencana pengujian efisiensi konsumsi bahan bakar, rencana pengujian ini juga dilakukan selama dua kali pengujian, yaitu sebelum dilakukan modifikasi dan setelah dilakukan modifikasi untuk mengetahui perbedaan dan perbandingan kandungan emisi gas buang sebelum dilakukan modifikasi dan sesudah dilakukan modifikasi.

Data yang diambil dari pengujian ini adalah berupa jumlah kandungan setiap gas yang terkandung pada emisi gas buang yang dihasilkan dalam satuan % seperti CO, CO₂, O₂ dan HC yang dinyatakan dalam satuan ppm. Serta faktor lambda (λ) yang merupakan perbandingan antara udara yang terpakai didalam proses pembakaran dengan kebutuhan udara teoritis (Sutiman: 2005). Selanjutnya dilakukan perbandingan dari data emisi gas buang yang diperoleh dari pengujian sebelum dilakukan modifikasi dan sesudah dilakukan modifikasi tersebut. Jika emisi gas buang yang dihasilkan dari mesin setelah dilakukan modifikasi menunjukkan emisi gas buang yang

lebih baik seperti misalnya persentase kandungan gas berbahaya seperti CO, dan HC yang lebih rendah serta nilai lambda (λ) yang mendekati satu, maka modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG telah berhasil membuat emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor tersebut lebih ramah lingkungan.

3. Pengujian Performa Mesin

Pengujian performa mesin dilakukan dengan cara mengukur daya maksimal beserta torsi maksimal yang dihasilkan oleh mesin. Pengujian performa ini menggunakan alat *Dyno Test* yang mana alat tersebut tidak terdapat pada bengkel otomotif kampus. Sehingga pengujian performa dilakukan di luar lingkungan kampus yaitu di Mototech (Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Sleman, Yogyakarta).

Masih sama dengan dua pengujian sebelumnya, pengujian performa ini juga dilakukan dua kali yaitu sebelum dilakukan modifikasi dan setelah dilakukan modifikasi. Data yang diambil dari pengujian ini adalah berupa kurva atau grafik yang menunjukkan pada tingkat rpm (putaran mesin) berapa daya maksimum dan torsi maksimum dapat tercapai. Kemudian melakukan perbandingan dari data pengujian sebelum dilakukan modifikasi dengan data setelah dilakukan modifikasi apakah menunjukkan peningkatan daya atau tidak. Jika data setelah dilakukan modifikasi menunjukkan daya maksimum dan torsi maksimum yang lebih besar, maka modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini selain meningkatkan efisiensi bahan bakar dan memperbaiki emisi

gas buang menjadi lebih ramah lingkungan, juga mampu meningkatkan performa yang dihasilkan mesin sepeda motor tersebut.

D. Langkah Kerja

Berdasarkan beberapa tahap perancangan, analisa kebutuhan serta rancangan pengujian sebelumnya, maka pada modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini adapun langkah kerjanya sebagai berikut:

1. Pembuatan lubang tangki bahan bakar untuk dudukan pada bagian depan dengan menggunakan gerinda potong yaitu 50 mm dari sisi depan, 150 mm dari sisi belakang dan 10 mm dari samping kiri dan kanan tangki yaitu dengan ukuran panjang 174 mm dan lebar 91 mm.
2. Pemotongan plat besi dengan ukuran panjang 173 mm dan lebar 90 mm dan tebal 1 mm dengan menggunakan gerinda potong, hal ini untuk membuat dudukan pompa bahan bakar dan pelampung yang disesuaikan dengan ukuran lubang yang telah dibuat pada tangki.
3. Pembuatan/membentuk lubang lingkaran dengan bor duduk dan gerinda pada sisi kiri dengan titik pusat 45 mm dari tepi, berdiameter 68 mm sebagai tempat pemasangan pompa bahan bakar dan pada sisi kanan dengan titik pusat 28 mm dari tepi depan berdiameter 35 mm sebagai tempat pemasangan pelampung, berikut dengan empat lubang di keempat sisi kedua lubang tersebut dengan jarak 10 mm dari tepi lubang sebagai lubang baut pengikat.
4. Pengelasan dudukan pompa dengan lubang pada tangki yang telah dibuat dengan menggunakan las astilin. Berikut dengan pengelasan mur pada setiap lubang baut sebagai ulirnya.

5. Pengetesan kebocoran tangki bahan bakar dengan cara memasang pompa bahan bakar dan pelampung pada tangki, diisi dengan air dan tangki ditutup kemudian dibalik 180^0 . Setelah tidak ada kebocoran maka kuras kembali air didalam tangki dan diganti dengan bahan bakar untuk kemudian tangki dipasang pada sepeda motor.
6. Pembuatan lubang baut baru pada *intake manifold* menggunakan bor duduk dan *tunner* dengan jarak 6,5 mm ke arah dalam, disesuaikan dengan lubang baut pada kepala silinder. *Intake manifold* diarahkan ke depan untuk menyesuaikan arah penginjeksian bahan bakar dari injektor langsung ke katup *inlet*.
7. Penyesuaian lubang *intake* pada *intake manifold* dengan lubang *intake* pada kepala silinder dengan cara mengikis bagian tepi lubang *intake* pada kepala silinder hingga diameternya sesuai dengan diameter lubang *intake* pada *intake manifold* atau sampai tidak ada hambatan untuk aliran udara yang masuk karena perbedaan diameter tersebut.
8. Pemasangan injektor, *throttle body* dan *filter* udara variasi.
9. Pembuatan jalur yang akan dilalui selang tekanan tinggi dengan cara melubangi bagian bawah bagasi motor untuk dilalui selang tekanan tinggi agar penempatan selang tekanan tinggi tidak terjepit atau terlipat.
10. Pengujian konsumsi bahan bakar yang dilakukan dengan menggunakan *burret* pada beberapa variasi putaran mesin. Tiap putaran mesin diujikan selama 60 detik. Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi.

11. Pengujian emisi gas buang dengan menggunakan alat Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Gas analyser*). Pengujian dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi.
12. Pengujian performa mesin di Mototech menggunakan Sportdyno (*Dynotest*). Seperti pengujian-pengujian sebelumnya, pengujian performa mesin juga dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi.

E. Rencana Kegiatan

Proses modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini perlu diadakannya penjadwalan agar dapat berjalan dengan lancar dan matang, mulai dari tahap pengujian awal, persiapan, pelaksanaan hingga tahap pengujian akhir. Adapun perancangan jadwal pelaksanaan modifikasi ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Jadwal Modifikasi

No.	Kegiatan	Waktu															
		Maret 2014			April 2014				Mei 2014				September 2014				
		2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	Pengujian Kerja Mesin Sebelum Modifikasi																
2	Perancangan																
3	Pengerjaan Modifikasi Sistem Bahan Bakar																
4	Pengerjaan Modifikasi Sistem Kontrol Elektronik																
5	Pengujian Kerja Mesin Setelah Modifikasi																

F. Perencanaan Biaya

Dalam proses modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash ini diperlukan biaya yang digunakan untuk mempersiapkan bahan-bahan atau komponen yang diperlukan serta biaya untuk beberapa keperluan dan

jasa pengujian performa mesin yang dilakukan di luar lingkungan bengkel kampus yaitu di Mototech. Perencanaan biaya tersebut telah dibuat sebelum melakukan proses modifikasi, hal ini dilakukan agar persiapan biaya yang digunakan lebih matang. Adapun penjelasan rancangan biaya dalam proses modifikasi, pembelian komponen-komponen yang digunakan selama proses modifikasi, serta jasa pengujian performa mesin ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Perencanaan Biaya

No.	Kebutuhan Modifikasi	Banyak	Harga Baru @	Jumlah
1	ECU	1 buah	Rp 525.000,-	Rp 525.000,-
2	O2 Sensor	1 buah	Rp 193.000,-	Rp 193.000,-
3	Thermo Sensor	1 buah	Rp 50.000,-	Rp 50.000,-
4	Ignition Coil Assy	1 buah	Rp 51.000,-	Rp 51.000,-
5	Wire Harness Assy	1 buah	Rp 249.000,-	Rp 249.000,-
6	Rectifier & Regulator Assy	1 set	Rp 194.000,-	Rp 194.000,-
7	Injector Assy	1 buah	Rp 119.000,-	Rp 119.000,-
8	Throttle Body Assy	1 buah	Rp 433.000,-	Rp 433.000,-
9	Fuel Feed Hose	1 buah	Rp 134.000,-	Rp 134.000,-
10	Fuel Pump Assy	1 buah	Rp 443.000,-	Rp 443.000,-
11	Intake Manifold	1 buah	Rp 121.000,-	Rp 121.000,-
12	Stator Assy	1 buah	Rp 145.000,-	Rp 145.000,-
13	Uji Performa di Mototech	2 kali	Rp 37.500,-	Rp 75.000,-
14	Modifikasi Rotor Magnet	1 buah	Rp 20.000,-	Rp 20.000,-
15	Plat Besi 200x100x1 mm	1 buah	Rp 20.000,-	Rp 20.000,-
16	Cat PiloX hitam 300 ml	1 buah	Rp 25.000,-	Rp 25.000,-
17	Filter Udara Variasi	1 buah	Rp 15.000,-	Rp 15.000,-
Jumlah				Rp 2.812.000,-

BAB IV

PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Modifikasi Sistem Bahan Bakar

Proses pengaplikasian sistem bahan bakar injeksi (EFI) pada modifikasi sistem bahan bakar Suzuki Smash AD 2663 ZG ini meliputi beberapa tahapan utama diantaranya adalah modifikasi tangki bahan bakar, modifikasi *intake manifold*, pemasangan *throttle body* dan injektor, serta pemasangan selang tekanan tinggi (*fuel feed hose*). Adapun tahapan-tahapan tersebut berdasarkan perancangan dan langkah kerja dari bab sebelumnya adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan Pompa Bahan Bakar

Pompa bahan bakar pada modifikasi sistem bahan bakar injeksi (EFI) ini diaplikasikan di dalam tangki bahan bakar, sehingga perlu dilakukan modifikasi pada tangki bahan bakar. Proses pemasangan pompa bahan bakar meliputi beberapa tahapan yaitu:

a. Membuat Lubang pada Tangki Bahan Bakar

Pada modifikasi ini pompa bahan bakar tidak dapat langsung terpasang pada tangki bahan bakar yang digunakan, yaitu tangki bahan bakar Suzuki Smash dengan ukuran panjang 29 cm, lebar 20 cm, dan kapasitas bahan bakar 4,3 liter. Pemasangan pompa bahan bakar ini memerlukan tambahan dudukan beserta dudukan untuk pelampungnya agar pompa bahan bakar dan pelampung dapat terpasang masuk ke dalam tangki bahan bakar dan dapat bekerja dengan optimal. Letak dari pemasangan pompa bahan bakar dan pelampung ini memperhatikan dimensi dari tangki dan juga pompa bahan bakar beserta pelampungnya.

Langkah awal sebelum membuat lubang pada tangki bahan bakar, terlebih dahulu perlu menguras dan membersihkan tangki dari bahan bakar hingga bersih, hal ini bertujuan agar saat pemotongan dengan menggunakan gerinda, percikan bunga api yang dihasilkan tidak membuat tangki bahan bakar meledak dan membahayakan keselamatan kerja. Sebelum melakukan pemotongan dilakukan pengukuran panjang 17,4 cm dan lebar 9,1 cm pada bagian depan tangki dan ditandai dengan penggores, dimana ukuran tersebut sesuai dengan ukuran dari perancangan dan juga sesuai dengan dudukan pompa bahan bakar yang telah dibuat sebelumnya dengan toleransi 0,1 cm. Kemudian dilakukan pemotongan menggunakan gerinda pada tangki sesuai dengan ukuran dan garis tanda yang sebelumnya dibuat dengan penggores.



Gambar 21. Pemotongan Tangki Bahan Bakar

Pembuatan lubang pada tangki bahan bakar ini berdasarkan pada perancangan sebelumnya, dimana lubang pada tangki bahan bakar untuk dudukan pompa dibuat di bagian depan dengan menggunakan gerinda potong yaitu 50 mm dari sisi depan, 150 mm dari sisi belakang dan 10 mm dari samping kiri dan kanan tangki yaitu dengan ukuran panjang 174

mm dan lebar 91 mm. Sehingga pompa bahan bakar yang memiliki panjang 115 mm dapat menjangkau dasar tangki bagian depan yang kedalamannya 120 mm meskipun masih selisih 5 mm, serta pelampung yang tingginya 123 mm dapat mengukur secara lebih presisi volume bahan bakar yang ada didalam tangki.



Gambar 22. Lubang Dudukan pada Tangki

b. Membuat Dudukan Pompa Bahan Bakar

Setelah proses membuat lubang pada tangki untuk tempat dudukan pompa bahan bakar dan pelampung selesai, langkah selanjutnya adalah membuat dudukan pompa bahan bakar dan pelampungnya. Sesuai dengan perancangan sebelumnya, dudukan pompa bahan bakar dan pelampung ini dibuat menggunakan bahan plat besi dengan tebal 1 mm, kemudian dipotong dengan gerinda potong dengan ukuran panjang 173 mm dan lebar 90 mm. Kemudian pada bagian kanan dibuat lubang lingkaran dengan bor duduk dan gerinda pada sisi kiri dengan titik pusat 45 mm dari tepi, berdiameter 68 mm sebagai tempat pemasangan pompa bahan bakar dan pada sisi kanan dengan titik pusat 28 mm dari tepi depan berdiameter 35 mm sebagai tempat pemasangan pelampung, berikut

dengan empat lubang di keempat sisi kedua lubang tersebut dengan jarak 10 mm dari tepi lubang sebagai lubang baut pengikat.



Gambar 23. Dudukan Pompa Bahan Bakar dan Pelampung

c. Pengelasan Tangki Bahan Bakar

Tahapan berikutnya setelah lubang pada tangki dan dudukan pompa bahan bakar telah siap adalah menyatukan dudukan tersebut dengan lubang pada tangki bahan bakar menggunakan las.



Gambar 24. Pengelasan Plat Dudukan dengan Tangki

Las yang digunakan adalah jenis las asitelin. Sebelum dudukan dilas pada tangki, terlebih dahulu mengelas mur di bagian dalam dudukan pada setiap lubang baut yang berfungsi sebagai ulir dari baut pengikat, pengelasan mur-mur ini juga menggunakan las asitelin dan diusahakan agar material las menutup rapat agar bahan bakar tidak bocor.

Selanjutnya dudukan tersebut dilas dengan tangki sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sebelumnya. Pengelasan dilakukan secara perlahan dan diusahakan penyatuan plat dudukan dengan tangki terpasang dengan rapat agar saat tangki diisi bahan bakar tidak mengalami kebocoran.

Setelah proses pengelasan selesai kemudian pompa bahan bakar dan pelampung dipasang dengan menggunakan klem/pengikat yang diikat dengan 4 baut pada lubang baut di keempat sisinya. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian kebocoran pada tangki dengan cara mengisi tangki tersebut dengan air dan ditutup rapat, kemudian tangki bahan bakar dibalik 180^0 . Hasilnya tidak ada kebocoran, kemudian pompa dan pelampung dilepas kembali kemudian tangki bahan bakar dibersihkan dan dicat untuk melindungi dari karat dan agar lebih rapi.



Gambar 25. Pemasangan Pompa dan Pelampung pada Tangki

Penggunaan las asitelin pada pengerjaan ini berdasarkan pertimbangan dari material bahan yang digunakan untuk membuat dudukan serta tangki bahan bakar yang terbuat dari bahan yang tipis, sehingga pengelasan dengan menggunakan las asitelin lebih aman, tidak merusak bahan dan hasilnya lebih rapat jika dibandingkan dengan las

listrik. Hasil dari modifikasi tangki ini, selisih antara panjang pompa bahan bakar dan dasar tangki adalah 5 mm, sehingga pompa tidak dapat memompa bahan bakar jika bahan bakar yang tersisa pada tangki berada pada ketinggian 5 mm dari dasar tangki.

2. Pemasangan *Intake Manifold*

Seperti pada perancangan sebelumnya *intake manifold* ini tidak dapat langsung dipasang pada kepala silinder, dikarenakan jarak antar dua lubang baut pada *intake manifold* dengan lubang baut pada kepala silinder berbeda. Tahap ini membuat lubang baut pada *intake manifold* yang jarak antara dua lubang baut pada *intake manifold* tersebut disamakan dengan jarak antara dua lubang baut pada kepala silinder. Telah diketahui jarak antara dua lubang baut pada kepala silinder adalah 45,5 mm sedangkan jarak antara dua lubang baut pada *intake manifold* yang akan digunakan adalah 58,5 mm. Sehingga lubang baut pada *intake manifold* di geser ke dalam dengan jarak 6,5 mm pada setiap lubang bautnya, hal ini dilakukan karena jarak antara lubang baut dengan tepi lubang *intake* pada *intake manifold* masih aman untuk membuat lubang baut baru.



Gambar 26. Membuat Lubang Baut pada *Intake Manifold*

Pembuatan lubang baut pada *intake manifold* tersebut dilakukan dengan menggunakan bor duduk. Setelah dilubangi *intake manifold* tersebut, maka langkah selanjutnya sebelum intake manifold dipasang adalah mengikis bagian tepi lubang *intake* pada kepala silinder menggunakan bor *tunner* hingga sesuai dengan diameter lubang *intake* pada *intake manifold*, karena diameter lubang *intake* pada kepala silinder hanya 18 mm sedangkan lubang *intake* pada *intake manifold* adalah 22 mm. Hal ini bertujuan agar aliran udara yang masuk melalui *intake manifold* dapat lebih lancar dan tidak terhambat karena perbedaan diameter tersebut. Kemudian setelah itu *intake manifold* dipasang menghadap ke arah depan untuk menyesuaikan arah penginjeksian injektor langsung ke arah katup *inlet* pada kepala silinder dengan dua baut pengikat dan dilengkapi dengan *O-ring* agar lebih rapat dan tidak bocor.

3. Pemasangan Injektor dan *Throttle Body*

Modifikasi ini menggunakan injektor dan *throttle body* Yamaha Jupiter Z1, sehingga pemasangan kedua komponen tersebut tidak perlu melakukan perubahan apapun. Pemasangan injektor diikat dengan satu baut pengikat ukuran M10 pada *intake manifold* dan *throttle body* diikat dengan klem.



Gambar 27. Pemasangan Injektor dan *Throttle Body*

4. Pemasangan Selang Tekanan Tinggi

Selang tekanan tinggi yang berfungsi untuk menyalurkan bahan bakar dipasang antara lubang *output* pompa bahan bakar dengan lubang *input* injektor. Modifikasi ini menggunakan selang tekanan tinggi Yamaha Jupiter Z1 dimana memiliki diameter dalam 6,3 mm dan panjang 80 cm. Pengaplikasian selang tekanan tinggi harus disesuaikan dengan jarak antara pompa bahan bakar dan injektor yang telah dibuat sebelumnya agar selang tekanan tinggi tersebut dapat menjangkau jarak antara pompa bahan bakar dan injektor.



Gambar 28. Pemasangan Selang Tekanan Tinggi

Sesuai perancangan sebelumnya, selang tekanan tinggi dipasang dari pompa bahan bakar ke injektor melalui bagian bawah bagasi motor dengan membuat lubang pada bagasi agar jarak yang dilalui selang tekanan tinggi tidak terlalu panjang tetapi pemasangannya tetap rapi dan tidak terlipat atau terjepit.

B. Proses Pengujian

1. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Pengujian konsumsi bahan bakar ini menggunakan rpm meter untuk mengetahui seberapa putaran mesin saat pengujian pada rpm tertentu serta

burret ukur atau gelas ukur sebagai alat pengukur jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan mesin dalam satuan ml (mili liter). Sesuai rencana sebelumnya, pengujian ini dilakukan di area bengkel kampus jurusan otomotif FT UNY dan sebanyak dua kali yaitu sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi.



Gambar 29. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Sebelum Modifikasi

Pada pengujian yang dilakukan sebelum modifikasi, selang bahan bakar dari tangki bahan bakar yang menuju karburator dilepas, dan digantikan dengan menggunakan *burret* ukur atau gelas ukur yang telah diisi bahan bakar pada skala paling atas yaitu 0 ml, setelah *burret* ukur terhubung dengan saluran masuk bahan bakar pada karburator, mesin dinyalakan pada putaran *idle* yaitu 1500 rpm dan stabil selama 60 detik, setelah 60 detik, skala pada *burret* ukur akan menunjukkan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi mesin dalam putaran *idle* selama 60 detik. Selain pada putaran *idle* 1500 rpm,

pengujian juga dilakukan pada putaran 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, dan 5000 rpm.



Gambar 30. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Setelah Modifikasi

Pada pengujian setelah modifikasi tidak jauh berbeda dengan pengujian sebelum modifikasi yang mana pengujiannya juga menggunakan *burret*, tetapi *burret* yang digunakan berbeda, yaitu menggunakan *burret* tangki bahan bakar kapasitas 200 ml, *burret* tangki bahan bakar ini tidak dilengkapi dengan skala ukur tetapi mampu menahan tekanan maksimal hingga 5 bar atau 500 kPa yang kemudian disambungkan kesaluran injektor. Pengujian ini juga menggunakan tabung untuk menampung tekanan yang diperlukan dan *air filter regulator* yang menjaga tekanan selalu tetap pada besaran yang ditentukan saat digunakan pada pengujian. Pengisian tekanan dilakukan dengan cara memompa dengan tekanan yang besarnya sesuai dengan spesifikasi tekanan yang sama dengan yang dihasilkan oleh pompa bahan bakar yaitu $2,94 \text{ kgf/cm}^2$ atau 288 kPa. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan

tekanan yang diperlukan bahan bakar dalam sistem yang semula dihasilkan oleh pompa bahan bakar. Kemudian mesin dinyalakan pada variasi putaran mesin yang sama dengan variasi putaran pada pengujian sebelum modifikasi, yaitu putaran *idle* 1500 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, dan 5000 rpm masing-masing selama 60 detik. Karena pada *burret* tangki bahan bakar yang digunakan dalam pengujian ini tidak terdapat skala pengukurannya, maka untuk mengetahui berapa konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menambah bahan bakar dengan menggunakan gelas ukur yang terdapat skala ukurnya. Sehingga jumlah konsumsi bahan bakar dapat diketahui dari jumlah penambahan bahan bakar pada *burret* dengan gelas ukur tersebut.

2. Pengujian Emisi Gas Buang

Pengujian emisi gas buang ini menggunakan Tecnotest Stargas 898 Global Diagnosis (*Gas analyser*) sebagai alat uji emisi. Sesuai rencana sebelumnya pengujian emisi gas buang dikerjakan di area bengkel kampus jurusan otomotif FT UNY dan seperti pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang juga dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum modifikasi dan pengujian setelah modifikasi.

Proses dalam melakukan pengujian emisi gas buang ini baik untuk pengujian sebelum modifikasi ataupun untuk pengujian sesudah modifikasi adalah sama, dimana sebelum melakukan pengujian terlebih dahulu mempersiapkan *gas analyzer* sebagai alat utama yang digunakan sesuai dengan prosedur penyalaan yang telah ditentukan. Kemudian juga dilakukan persiapan pada sepeda motor yang diuji diantaranya memastikan pipa gas

buang (knalpot) agar tidak bocor, menyesuaikan temperatur kerja mesin, serta mematikan sistem aksesoris seperti lampu, dll. Setelah itu, pengujian dilakukan pada posisi putaran mesin idle yaitu 1500 rpm, probe pada alat uji dimasukkan ke dalam pipa gas buang sepeda motor sedalam kurang lebih 30 cm dengan bantuan pipa tambahan. Pengujian emisi gas buang ini dilakukan selama 20 detik.



Gambar 31. Pengujian Emisi Gas Buang

Gas analyzer akan mendeteksi konsentrasi dari zat yang terkandung dalam emisi yang dihasilkan mesin, seperti CO (*Carbon Monoxida*), HC (*Hydro Carbon*), CO₂ (*Carbon Dioxida*), dan O₂ (*Oxigen*), serta nilai lambda (λ). Hasil dari pengujian emisi gas buang sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi akan menunjukkan perbedaan antara emisi gas buang yang dihasilkan oleh sistem bahan bakar konvensional dengan sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor tersebut.

Selain itu pengujian emisi gas buang ini juga perlu memperhatikan parameter atau batas maksimal gas yang boleh dikeluarkan pada baku mutu

emisi gas buang yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006 mengenai baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor guna mengetahui lolos atau tidaknya hasil dari pengujian emisi gas buang pada sepeda motor setelah dilakukan modifikasi sistem bahan bakar injeksi tersebut.

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006 kendaraan bermotor dikelompokkan menjadi beberapa kategori dimana pada setiap kategori memiliki parameter yang berbeda-beda, salah satu dari kategori tersebut adalah kategori L yaitu kategori untuk kendaraan bermotor beroda kurang dari empat. Berikut adalah baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia untuk kategori L.

Tabel 5. Kategori L Peraturan Pemerintah RI No. 05 tahun 2006

Kategori	Tahun pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda Motor 2 langkah	< 2010	4,5	10.000	Idle
Sepeda Motor 4 langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
Sepeda Motor (2 langkah & 4 langkah)	≥ 2010	4,5	2000	Idle

Adapun kategori lain yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006 yaitu diantaranya adalah kategori M atau kategori untuk kendaraan bermotor beroda empat atau lebih dan digunakan untuk angkutan orang, kemudian kategori N yaitu kategori untuk kendaraan bermotor beroda empat atau lebih dan digunakan untuk angkutan barang, serta kategori O yang merupakan kategori untuk kendaraan bermotor penarik untuk gandengan atau kereta tempel. Berikut adalah baku mutu emisi

gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Republik Indonesia untuk kategori M, N dan O.

Tabel 6. Kategori M, N, dan O Peraturan Pemerintah RI No. 05 tahun 2006

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter			Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	Opasitas (%)	
Berpenggerak motor bakar cetus api (bensin)	< 2007 ≥ 2007	4,5 1,5	1200 200		Idle
Berpenggerak motor bakar penyalan kompresi (diesel)					Percepatan bebas
- GVW ≤ 3,5 ton	< 2010 ≥ 2010			70 40	
- GVW > 3,5 ton	< 2010 ≥ 2010			70 50	

Keterangan :

GVW : Gross Vehicle Weight (jumlah berat kendaraan yang dibolehkan).

Dalam proyek akhir ini jenis kendaraan yang digunakan termasuk dalam kategori L, yaitu sepeda motor 4 langkah dengan tahun pembuatan pada tahun 2008. Oleh karena hal tersebut, pada pengujian emisi gas buang juga mempertimbangkan pada baku mutu emisi gas buang kategori L (tabel 5) dengan parameter CO maksimal 5,5 % dan HC 2.400 ppm.

3. Pengujian Performa Mesin

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa yang dihasilkan baik itu daya maksimum maupun torsi maksimum yang mampu dicapai oleh mesin. Untuk mengetahui daya maksimum dan torsi maksimum tersebut digunakan alat *dynamometer* atau yang sering disebut *dynotest*. Karena alat *dynotest* tidak terdapat di bengkel otomotif FT UNY, maka pengujian

performa mesin ini dilakukan di luar area bengkel kampus yaitu di Mototech yang beralamatkan di Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Sleman, Yogyakarta. Seperti pengujian konsumsi bahan bakar dan pengujian emisi gas buang, pengujian ini juga dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pengujian sebelum modifikasi dan pengujian setelah modifikasi.



Gambar 32. Pengujian Performa Mesin

Proses pengujian performa yang dilakukan sebelum dan sesudah modifikasi masih sama, yaitu setelah motor dan alat *dynotest* siap, kemudian mesin dinyalakan. Pengambilan data dilakukan pada sepeda motor saat gigi percepatan pada posisi 3 dan ketika putaran mesin mencapai 3000 rpm, katup gas dibuka penuh secara spontan hingga mencapai putaran mesin maksimal atau hingga mencapai limiter. *Dynamometer* akan menghasilkan data berupa grafik pada komputer yang menunjukkan pada putaran berapa daya maksimum dan torsi maksimum yang dapat dicapai oleh mesin tersebut.

C. Hasil Pengujian

Setelah melakukan beberapa pengujian yaitu pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang serta pengujian performa mesin yang dilakukan

sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi untuk mengetahui perbedaan dan pengaruh dari modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini terhadap sepeda motor Suzuki Smash yang semula menggunakan sistem bahan bakar konvensional. Maka didapatkan hasil dari masing masing pengujian tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Tabel 7. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Waktu (detik)	Hasil (ml)		Persentase
		Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi	
1500	60	4	2.8	30 %
2000	60	3.8	3.3	13,1 %
3000	60	6.5	5.2	20 %
4000	60	12	6.7	44,1 %
5000	60	8.5	8	5,8 %
Rata-rata				22,6 %

2. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Tabel 8. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

Gas Buang	Hasil		Persentase	Baku mutu emisi kategori L Peraturan Pemerintah RI no. 05 th 2006
	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi		
CO	7.283 %	5.448 %	25,19 %	5,5 %
CO ₂	3.44 %	7.57 %	54,55 %	
HC	4731 ppm	248 ppm	94,75 %	2400 ppm
O ₂	9.21 %	5.74 %	37,67 %	

3. Hasil Pengujian Performa Mesin

Tabel 9. Hasil Pengujian Performa Mesin

Putaran Mesin (rpm)	Daya (HP)		Torsi (Nm)	
	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi	Sebelum Modifikasi	Sesudah Modifikasi
4000	3.9	4.4	6.57	7.44
4500	5.4	5.7	8.46	9.03
5000	6.2	6.3	8.76	8.93
5500	6.8	7.1	8.83	9.13
6000	7.5	7.9	8.90	9.29
6500	7.8	8.5	8.52	9.31
7000	8.1	8.9	8.14	9.00
7500	8.0	9.0	7.58	8.47
8000	7.6	9.0	6.70	7.97
8500	7.2	8.6	5.95	7.18
9000	6.8	7.8	5.32	6.15

D. Pembahasan

1. Perancangan Modifikasi Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pada kendaraan bermotor berfungsi untuk mensuplai bahan bakar, melakukan proses pencampuran udara dan bahan bakar dengan perbandingan yang tepat, kemudian menyalurkan campuran udara dan bahan bakar tersebut ke ruang bakar. Sistem bahan bakar harus mampu menyediakan suplai campuran udara dan bahan bakar yang tepat sesuai dengan kebutuhan mesin guna menghasilkan pembakaran yang lebih

baik agar mendapatkan performa yang maksimal serta konsumsi bahan bakar yang lebih ekonomis dan rendah emisi.

Pada kendaraan bermotor khususnya sepeda motor, sistem bahan bakar yang banyak digunakan saat ini adalah sistem bahan bakar injeksi. Sistem bahan bakar injeksi ini merupakan sebuah inovasi pengembangan dari teknologi yang ada sebelumnya yaitu sistem bahan bakar konvensional dimana kelebihan sistem bahan bakar injeksi dibandingkan dengan sistem bahan bakar konvensional adalah pengkabutan bahan bakar pada sistem injeksi yang lebih baik sehingga menjamin homogenitas campuran yang lebih baik pula, komposisi campuran yang dapat sesuai dengan setiap putaran dan beban mesin, mampu menghasilkan pembakaran yang lebih baik dimana dengan pembakaran yang lebih baik tersebut mengakibatkan konsumsi bahan bakar yang lebih hemat, emisi gas buang yang lebih rendah serta tenaga mesin yang lebih baik.

Perancangan sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash yang sebelumnya menerapkan sistem bahan bakar konvensional ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi terhadap bahan bakar dan memperbaiki emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor tersebut, agar dapat lebih ramah lingkungan karena teknologi sistem bahan bakar injeksi ini merupakan teknologi yang saat ini sudah diterapkan pada sepeda motor keluaran terbaru dan terus dikembangkan. Diterapkannya sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash ini diharapkan pula dapat meningkatkan performa yang dihasilkan oleh sepeda motor tersebut.

Perancangan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash ini mengacu pada teknologi injeksi yang digunakan pada Yamaha Jupiter Z1. Komponen-komponen yang digunakan pada modifikasi ini menerapkan komponen-komponen atau perangkat injeksi yang ada pada Yamaha Jupiter Z1.

Hambatan dalam perencanaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash ini adalah dalam menentukan perangkat injeksi yang akan digunakan, karena sekarang ini hampir semua sepeda motor menerapkan teknologi sistem bahan bakar injeksi. Hal ini dapat diatasi dengan mempelajari beberapa buku manual dari sepeda motor injeksi serta melakukan observasi ke berbagai dealer sepeda motor terkait dengan kelengkapan komponen injeksi, jenis-jenis sepeda motor yang menerapkan sistem injeksi dan harga dari komponen-komponen injeksi tersebut.

2. Proses Modifikasi Sistem Bahan Bakar

Proses modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini terbagi dalam dua tinjauan yaitu tinjauan sistem bahan bakar dan tinjauan sistem kontrol elektronik yang mana kedua tinjauan tersebut saling berkaitan. Pada tinjauan sistem bahan bakar ini meliputi beberapa tahapan pengerjaan diantaranya adalah modifikasi tangki bahan bakar, pemasangan pompa bahan bakar, modifikasi *intake manifold* dan lubang *intake* pada kepala silinder, pemasangan *throttle body* dan injektor, serta pemasangan selang tekanan tinggi.

Kendala dalam proses pengerjaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini adalah waktu pengerjaan yang tidak sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan sebelumnya, hal ini disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang pada perancangan rotor magnet yang pada mulanya akan menggunakan rotor magnet dari Suzuki smash kemudian dibuat tonjolan-tonjolan dengan menggunakan las dan bubut, tetapi karena mengalami kesulitan dalam hal presisi maka rotor magnet tersebut diganti dengan menggunakan rotor magnet Yamaha Jupiter Z1.

Pengerjaan yang dilakukan di luar lingkungan bengkel kampus seperti di bengkel bubut tersebut menghabiskan waktu yang lebih lama dari waktu yang telah direncanakan sebelumnya, sehingga belum terpasangnya rotor magnet ini mengakibatkan sistem bahan bakar belum dapat bekerja karena hal tersebut merupakan satu kesatuan dalam sistem. Selain itu juga ketersediaan jumlah dana yang terbatas sehingga pembelian semua komponen yang tidak dilakukan secara bersamaan juga menghabiskan waktu yang tidak sesuai dengan yang telah dijadwalkan.

3. Kinerja Mesin Setelah Dilakukan Modifikasi

Setelah dilakukan beberapa pengujian sebelum modifikasi dan sesudah modifikasi diantaranya adalah pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang yang dihasilkan dan pengujian performa mesin. Maka didapat perbandingan hasil yang kemudian digunakan untuk menyimpulkan kinerja sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash tersebut. adapun pembahasannya adalah sebagai berikut :

a. Pengujian Konsumsi Bahan Bakar

Hasil dari pengujian konsumsi bahan bakar yang dilakukan sebelum modifikasi dan pengujian konsumsi bahan bakar sesudah dilakukan modifikasi pada tabel 7 menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, yaitu pada konsumsi bahan bakar setelah dilakukan modifikasi menghasilkan jumlah konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit dibanding dengan jumlah konsumsi bahan bakar sebelum dilakukan modifikasi.

Sesuai hasil pengujian, konsumsi bahan bakar sebelum modifikasi menunjukkan bahwa pada putaran mesin 1500 rpm hingga 4000 rpm masing-masing tingkat putaran mesin dalam waktu 60 detik, jumlah konsumsi bahan bakar terus meningkat bahkan pada putaran 4000 rpm mencapai 12 ml/menit, tetapi pada putaran yang lebih tinggi yaitu 5000 rpm jumlah konsumsi bahan bakar menurun hingga 8,5 ml/menit. Sedangkan konsumsi bahan bakar setelah dilakukan modifikasi dari putaran mesin 1500 rpm hingga putaran tinggi yaitu pada 5000 rpm, jumlah konsumsi bahan bakar terus meningkat hanya saja jumlah konsumsi bahan bakar lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah konsumsi bahan bakar sebelum dilakukan modifikasi. Untuk persentasenya, konsumsi bahan bakar yang paling irit jika dibanding dengan konsumsi sebelum modifikasi adalah pada 4000 rpm yaitu sebesar 44,1 %, sedangkan untuk persentasi rata-rata dari pengujian,

modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini mampu mengurangi konsumsi bahan bakar pada sepeda motor tersebut sebesar 22,6 %.

b. Pengujian Emisi Gas Buang

Dari pengujian emisi gas buang yang dilakukan selama 20 detik setelah probe alat uji dimasukkan ke dalam pipa gas buang baik sebelum modifikasi dan setelah modifikasi, hasil dari pengujian setelah modifikasi tercatat komposisi gas emisi tersebut terdiri dari gas CO sebesar 5.448 %, CO₂ sebesar 7.57 %, HC sebesar 248 ppm dan O₂ sebesar 5.74 % serta menghasilkan lambda (λ) 1.087. Sedangkan hasil dari pengujian emisi gas buang yang dilakukan sebelum modifikasi terdiri dari komposisi gas CO sebesar 7.283 %, CO₂ sebesar 3.44 %, HC sebesar 4731 ppm, dan O₂ sebesar 9.21 % serta menghasilkan lambda (λ) 0,968.

Dari hasil antara kedua pengujian tersebut setelah dilakukan modifikasi, kandungan emisi menunjukkan kadar gas beracun CO menurun sebesar 25,19 % dari sebelum modifikasi 7,283 % menjadi 5,448 % dan HC yang juga menurun hingga 94,75 % yaitu yang semula 4731 ppm menjadi 248 ppm, hal ini menunjukkan bahwa emisi yang dihasilkan mesin setelah dimodifikasi lebih baik dan lebih ramah lingkungan, serta pada kadar CO₂ yang dihasilkan setelah dilakukan modifikasi meningkat sebesar 54,55 % dari yang semula 3,44 % menjadi 7,57 %, hal ini juga mengindikasikan bahwa pembakaran yang dihasilkan mesin setelah dilakukan modifikasi lebih baik sehingga CO₂ meningkat.

Dari penjelasan yang telah dijabarkan sebelumnya pada tabel 5 mengenai baku mutu emisi gas buang sumber bergerak kendaraan bermotor untuk kategori L (kendaraan bermotor beroda kurang dari empat) yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 05 tahun 2006, diketahui bahwa parameter atau batas maksimal zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan langsung oleh pipa gas buang pada sepeda motor 4 langkah dengan tahun pembuatan dibawah tahun 2010 untuk gas CO adalah sebesar 5,5 % dan gas HC adalah sebesar 2400 ppm. Jika menyesuaikan dengan parameter tersebut untuk menentukan lolos atau tidaknya hasil uji emisi, maka hasil dari pengujian setelah dilakukan modifikasi pada sepeda motor Suzuki smash tahun pembuatan 2008 yang mana telah diketahui sebelumnya untuk gas CO adalah sebesar 5,448 % dan HC adalah sebesar 248 ppm, hasil tersebut telah lolos uji emisi karena jumlah kandungan gas CO dan HC yang dihasilkan oleh sepeda motor masih dibawah batas maksimal yang ditentukan oleh peraturan pemerintah tersebut.

c. Pengujian Performa Mesin

Pada pengujian performa mesin sebelum dilakukan modifikasi, daya maksimum yang dapat dicapai mesin adalah sebesar 8,1 HP pada putaran 7000 rpm dan menghasilkan torsi maksimum sebesar 8.90 Nm pada putaran 6000 rpm. Sedangkan setelah dilakukan modifikasi, pengujian performa mesin mnghasilkan daya maksimum sebesar 9.0 HP pada putaran 8000 rpm dan torsi maksimum sebesar 9.31 pada putaran

6500 rpm. Berdasarkan hasil yang didapat dari kedua pengujian tersebut, didapatkan hasil bahwa setelah dilakukan modifikasi, performa mesin yang dihasilkan yaitu daya dan torsi juga mengalami peningkatan meskipun tidak terlalu signifikan. Daya maksimum meningkat sebesar 0,9 HP dari daya yang dihasilkan sebelum modifikasi dan begitu pula dengan torsi maksimum yang juga meningkat sebesar 0.41 Nm.

Hambatan dalam melakukan pengujian-pengujian tersebut terdapat pada saat pengujian performa mesin yang dilakukan di Mototech yang beralamat di Jl. Ringroad Selatan, Kemasan, Banguntapan, Sleman, Yogyakarta. Dimana banyak yang menggunakan jasa Mototech dalam melakukan pengujian performa mesin menggunakan *dynotest* baik itu mahasiswa, masyarakat umum maupun untuk keperluan kontes balap, sehingga waktu pengujian memakan waktu yang lebih lama dari perencanaan. Agar tidak terlalu banyak membuang waktu, hal ini dapat diatasi dengan memesan atau *booking* waktu terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian via telepon kepada pihak Mototech.

4. Kalkulasi Biaya

Pelaksanaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash AD 2663 ZG sebagai proyek akhir ini menghabiskan dana sebesar Rp. 3.100.000,- dimana biaya yang dibutuhkan tersebut melebihi perencanaan biaya semula yang hanya Rp. 2.812.000,- . Pembengkakan biaya tersebut terjadi dikarenakan adanya beberapa masalah pada biaya jasa pengerjaan yang dilakukan diluar lingkungan bengkel kampus seperti biaya

pembubutan yang melebihi dari perencanaan yang disebabkan oleh persiapan dan perencanaan yang kurang matang pada modifikasi rotor magnet yang mana rencana semula akan tetap menggunakan rotor magnet Suzuki Smash dengan tonjolan-tonjolan yang dibuat menggunakan las dan bubut, tetapi karena pengerjaan yang lebih sulit dari yang diperkirakan dan hasil yang tidak presisi, maka diputuskan untuk membeli dan menggunakan rotor magnet atau *rotor assy* Yamaha Jupiter Z1 seharga Rp 160.000,-, setelah itu rotor Yamaha Jupiter Z1 tidak dapat langsung terpasang, perlu beberapa modifikasi lagi yaitu dengan menggabungkan rotor tersebut dengan *oneway clutch* yang ada pada rotor Suzuki Smash, modifikasi ini perlu menambahkan *spacer* dari bahan Aluminium seharga Rp 25.000,-. Selain itu pembengkakan biaya juga disebabkan oleh pengujian performa mesin yang dilakukan di Mototech yang mana pengujian tersebut dilakukan lebih dari yang direncanakan sebelumnya yaitu hingga 4 kali dikarenakan pada pengujian pertama setelah modifikasi hasilnya masih kurang maksimal maka perlu perbaikan dan pengujian ulang, sehingga biaya mengalami pembengkakan lagi sebesar Rp 70.000,-. Sisanya merupakan pembengkakan biaya dari keperluan sampingan seperti lem treebond, solatif, tenol, dll.

Biaya pelaksanaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor Suzuki Smash didapat dari dana pribadi mahasiswa yang mengerjakan Proyek Akhir ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah melakukan proses perancangan, pengerjaan modifikasi serta pengujian terkait kinerja dari hasil modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG ini meliputi pemilihan komponen-komponen injeksi yang akan digunakan, serta pengaplikasian komponen-komponen tersebut pada sepeda motor seperti letak pompa bahan bakar dan pelampung yang disesuaikan dengan bentuk tangki bahan bakar, kemudian rancangan saluran *intake* dan pengaplikasian *intake manifold*, *injector* dan *throttle body*, serta pengaplikasian selang tekanan tinggi dengan sedemikian rupa sehingga tidak terjepit atau terlipat. Semua itu disesuaikan dengan ukuran, bentuk dan ruang pada sepeda motor Suzuki Smash.
2. Proses pengerjaan modifikasi sistem bahan bakar injeksi diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang telah ditentukan, dilanjutkan dengan proses pembuatan dudukan pompa bahan bakar dan pelampung pada tangki bahan bakar, kemudian pemasangan pompa bahan bakar dan pelampung pada dudukannya, selanjutnya proses modifikasi lubang *intake* dengan pemasangan *intake manifold*, *throttle body* dan *injector*, serta pengaplikasian selang tekanan tinggi dari pompa bahan bakar ke *injector* pada *intake manifold*.
3. Proses pengujian sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash meliputi pengujian konsumsi bahan bakar, pengujian emisi gas buang dan pengujian

performa mesin. Dari semua pengujian yang dilakukan yaitu sebelum dengan sesudah modifikasi dapat disimpulkan bahwa modifikasi sistem bahan bakar injeksi ini mampu mengurangi konsumsi bahan bakar disetiap putaran mesin yang diujikan dengan rata-rata penurunannya mencapai 22,6 %. Dapat memperbaiki emisi gas buang seperti mengurangi kadar CO sebesar 25,19 % yaitu dari 7,283% menjadi 5,448% dan HC sebesar 94,75 % yaitu dari 4731 ppm menjadi 248 ppm dimana gas tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no. 05 tahun 2006 yang menetapkan baku mutu untuk kadar CO adalah 5,5% dan kadar HC adalah 2400 ppm, hasil uji emisi setelah modifikasi tersebut lolos dan laik jalan karena kadar CO dan HC yang masih dibawah batas maksimal atau parameter yang ditentukan. Serta modifikasi ini dapat meningkatkan performa mesin yaitu untuk daya maksimal yang sebelumnya 8,1 hp / 7000 rpm menjadi 9,0 hp / 8000 rpm dan torsi maksimal dari 8,9 Nm / 6000 rpm menjadi 9,31 Nm / 6000 rpm.

B. Keterbatasan Hasil Modifikasi

Modifikasi sistem bahan bakar injeksi pada Suzuki Smash memiliki beberapa keterbatasan yaitu:

1. Panjang pompa bahan bakar beserta *fuel filter* yang terdapat dibagian bawah pompa bahan bakar tidak dapat menjangkau hingga bagian paling bawah dari tangki bahan bakar, sehingga penggunaan bahan bakar yang ada di dalam tangki kurang maksimal.

2. Pemasangan selang tekanan tinggi yang terkadang masih terjepit antara tangki bahan bakar dengan tempat duduk sehingga merusak bagian luar dari selang tersebut meskipun tidak sampai menyebabkan kebocoran.
3. Penerapan sistem bahan bakar injeksi yang memerlukan waktu dalam pengkoreksian data oleh ECU sehingga menyebabkan tenaga mesin menjadi kurang responsif dan pencapaian top speed memerlukan jarak yang lebih panjang dan waktu yang lebih lama.

C. Saran

Saran yang diberikan agar modifikasi sistem bahan bakar injeksi menjadi lebih baik adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan pompa bahan bakar harus lebih memperhatikan bagian *fuel filter* yang terdapat pada pompa bahan bakar agar dapat menjangkau hingga bagian dasar tangki.
2. Agar selang tekanan tinggi lebih mudah diaplikasikan dan tidak terjepit, maka perlu menggunakan selang tekanan tinggi *universal* yang ada dipasaran yang panjangnya dapat diatur dan disesuaikan sendiri.
3. Penggunaan jenis bahan bakar dengan nilai oktan lebih tinggi dan tanpa timbal seperti bahan bakar oktan 92 atau bahan bakar oktan 95 perlu dilakukan untuk menjaga kualitas komponen sistem bahan bakar injeksi dan meningkatkan performa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2013). *Kebutuhan Bahan Bakar Minyak*. Diakses pada tanggal 18 september, dari www.trebunnews.com.
- Anonim. (2012). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya*. Diakses pada tanggal 18 september, dari www.bps.go.id.
- Anonim. (2005). *Servis Manual Honda Supra X 125*. Jakarta: PT. Astra Honda Motor.
- Anonim. (2012). *Servis Manual T115 FSE/FSEC*. Jakarta: PT. YIMM.
- Anonim. (2008). *Servis Manual Suzuki FK110/S/SD*. Jakarta: PT. Suzuki Indomobil.
- Anonim. (2011). *Sejarah Teknologi Sistem Bahan Bakar Injeksi*. Diakses pada 15 agustus, dari www.detik.com.
- Anonim. (2012). *Sistem Injeksi pada Motor Suzuki Shogun 125 Hyper Injection*. Diakses pada 19 agustus, dari www.suzuki.co.id.
- Anonim. (2012). *Teknologi DCP-FI Suzuki*. Diakses pada tanggal 18 agustus 2014, dari www.otomotifnet.com.
- Anonim. (2013). *Teknologi ISS pada Honda Vario 125 CBS ISS*. Diakses pada 18 agustus 2014, dari www.otomotifnet.com.
- Anonim. (2013). *Teknologi PGM-FI*. Diakses pada tanggal 15 agustus 2014, dari www.welovehonda.com.
- Anonim. (2012). *Teknologi YM Jet-FI*. Diakses pada tanggal 15 agustus 2014, dari www.otomotifnet.com.
- Daryanto. (2002). *Teknik Reparasi dan Perawatan Sepeda Motor*. Yogyakarta: PT. Bumi Aksara.
- Moch Solikin (2005). *Sistem Injeksi Bahan Bakar Motor Bensin (EFI System)*. Yogyakarta: KampongILMU.
- Moch Solikin dan Sutiman. (2011). *Mesin Sepeda Motor*, Yogyakarta: Insania.
- Nono Budiarto. (2007). *Pemeliharaan Sistem Bahan Bakar Bensin*. Surakarta: Yudhistira.

- Tim Proyek Akhir D3. (2011). *Pedoman Proyek Akhir D3 FT UNY*. Yogyakarta: FT UNY.
- Wahyu, D. H. (2013). *Sistem Bahan Bakar pada Sepeda Motor*. Yogyakarta: Javalitera.
- Zainal Arifin dan Sukoco. (2009). *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta.

LAMPIRAN



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00

27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : SUSIARTO
No. Mahasiswa : 11509134066
Judul PAKTAS : Modifikasi Sistem bahan bakar Karburator menjadi
sistem bahan bakar Injeksi (Tinjauan Sistem Bahan bakar)
Dosen Pembimbing : Lilik Chaerul Yusrana, M. Pd.

Bimb. Ke	Har/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Catatan Dosen Pembimbing	Tanda tangan Dosen Pemb.
1	Senin 0 - 9 - 14	Bab I	Pembahasan rumusan masalah	
2	Selasa 11 - 9 - 14	Bab II	Meningkatkan daya pda EFI dikembangkan lebih detail	
3	Selasa 16 - 9 - 14	Bab III	Sumber kutipan ditulis sumbernya.	
4	Senin 22 - 9 - 14	Bab IV & V	Lanjutkan ke Bab III	
5			Tambahkan literatur yg terkait dg bab II	
6			Lanjutkan ke bab IV	
7	Selasa 1 - 11 - 14	Bab IV	Terni tambah lihat literatur	
8			SDH sesuai for by d. D14	
9	Selasa 16 - 12 - 14	Bab IV	Lanjutkan ke Bab V Lengkapi lampiran	
10			Revisi ke bab	

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali. Kartu ini boleh dicopy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PAKTAS



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

KARTU BIMBINGAN PROYEK AKHIR /TUGAS AKHIR SKRIPSI

FRM/OTO/04-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : SUSIAPTO
No. Mahasiswa : 11509139066
Judul PA/TAS : Modifikasi Sistem bahan bakar Karburator menjadi
Sistem bahan bakar injeksi (Tinjauan sistem bahan bakar)
Dosen Pembimbing : Lilik Chaerul Yusrone, M. Pd.

Bimb. Ke	Hari/Tanggal Bimbingan	Materi Bimbingan	Catatan Dosen Pembimbing	Tanda tangan Dosen Pemb.
1	Kamis 10-12-14	Bab I	• Perbaiki bab I • Lengkapi lampiran • Perbaiki daftar pustaka	
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Keterangan :

1. Mahasiswa wajib bimbingan minimal 6 kali
Bila lebih dari 6 kali, Kartu ini boleh dicopy.
2. Kartu ini wajib dilampirkan pada laporan PA/TAS

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. 1711960

TECNOTE51
TYPE STARGAS 898
OIML CLASS 0
REPORT N.
545/OIML/04/RM
10/07/2004

R P N 0 [1/min]
CO 7.283 [% vol]
CO2 3.44 [% vol]
HC 4731 [ppm vol]
O2 9.21 [% vol]
NO ---- [ppm vol]
CO cor ---- [% vol]
λ 0.968 [-]
TEMP. --- [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 36 [°C]
Pressure 988 [hPa]
Rel. Humidity 45 [%RH]
DATE: 14/03/2014
TIME: 10:21

CAR DATA

FUEL: GASOLINE
BRAND:
SUZUKI
MODEL:
SMASH
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:
499714

WORKSHOP

OTOMOTIF
FT-UNY
0274554690

EXAMINER:

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. 1711960

TECNOTE51
TYPE STARGAS 898
OIML CLASS 0
REPORT N.
545/OIML/04/RM
10/07/2004

R P N 0 [1/min]
CO 7.283 [% vol]
CO2 3.44 [% vol]
HC 4731 [ppm vol]
O2 9.21 [% vol]
NO ---- [ppm vol]
CO cor ---- [% vol]
λ 0.968 [-]
TEMP. --- [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 36 [°C]
Pressure 988 [hPa]
Rel. Humidity 45 [%RH]
DATE: 14/03/2014
TIME: 10:21

CAR DATA

FUEL: GASOLINE
BRAND:
SUZUKI
MODEL:
SMASH
LIC. PLATE:
CHASSIS:
Km:
499714

WORKSHOP

OTOMOTIF
FT-UNY
0274554690

EXAMINER:

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. 1211960

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIL CLASS 0
REPORT N.
545/DIL/04/RM
10/07/2004

R P M 0 [1/min]

C O 5.448 [% vol]

C O 2 7.57 [% vol]

H C 248 [ppm vol]

O 2 5.74 [% vol]

N O ---- [ppm vol]

CO cor 6.277 [% vol]

λ 1.087 [-]

TEMP. --- [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 37 [°C]

Pressure 988 [hPa]

Rel. Humidity 42 [%RH]

DATE: 15/10/2014

TIME : 08:17

CAR DATA

FUEL: GASOLINE

BRAND:
SUZUKIMODEL:
SMASH

LIC. PLATE:

CHASSIS:

Km:
53058

WORKSHOP

AUTOMOTIF

FT-UNY

VANDIKUOTO

EXAMINER:

EXHAUST GAS ANALYSIS

Serial nr. 1211960

TECNOTEST
TYPE STARGAS 898
DIL CLASS 0
REPORT N.
545/DIL/04/RM
10/07/2004

R P M 0 [1/min]

C O 5.448 [% vol]

C O 2 7.57 [% vol]

H C 248 [ppm vol]

O 2 5.74 [% vol]

N O ---- [ppm vol]

CO cor 6.277 [% vol]

λ 1.087 [-]

TEMP. --- [°C]

ENVIRONMENT CONDITIONS

Temperature 37 [°C]

Pressure 988 [hPa]

Rel. Humidity 42 [%RH]

DATE: 15/10/2014

TIME : 08:17

CAR DATA

FUEL: GASOLINE

BRAND:
SUZUKIMODEL:
SMASH

LIC. PLATE:

CHASSIS:

Km:
53058

WORKSHOP

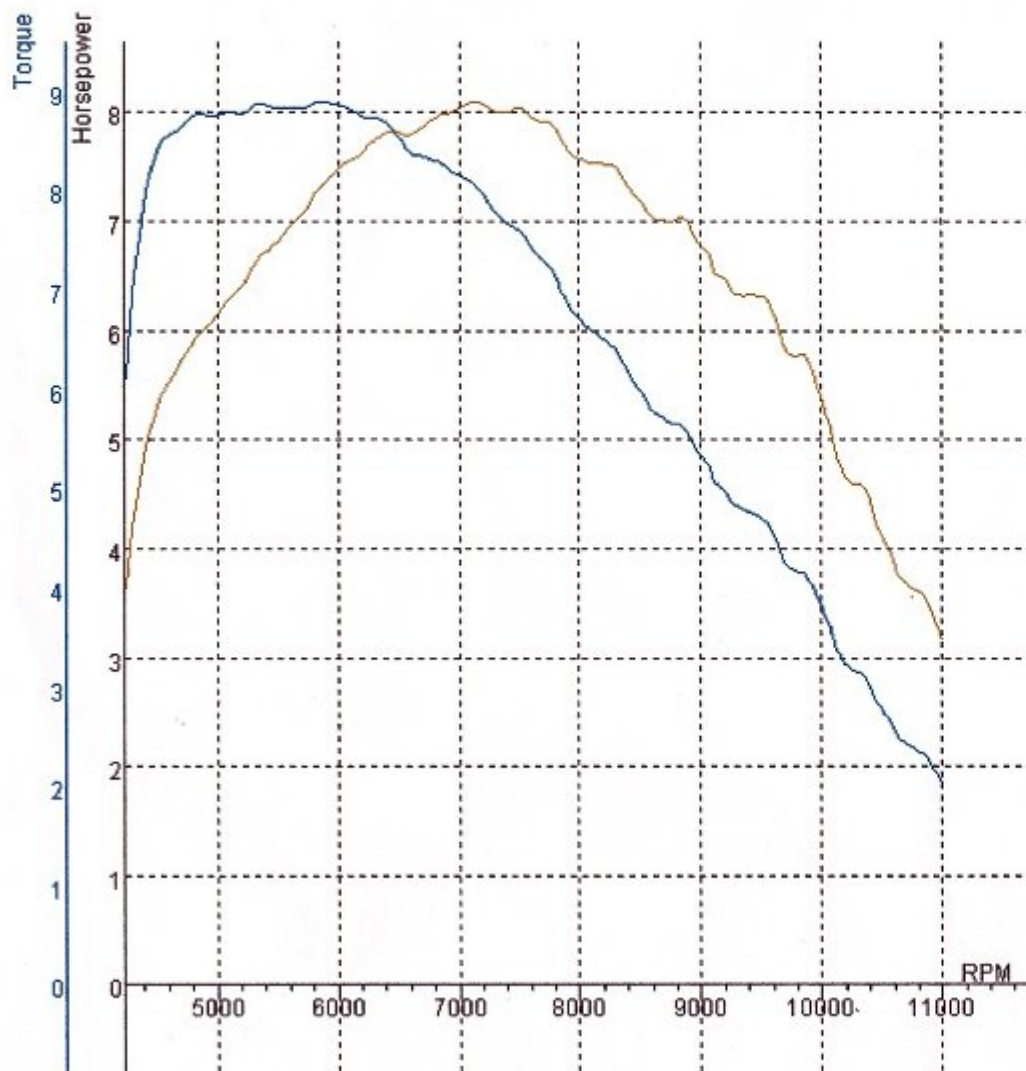
AUTOMOTIF

FT-UNY

VANDIKUOTO

EXAMINER:

TEST NAME	MAX POWER.	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/Time
SMASH 110 T009	8.1 (8.1) / 7155	8.90 (8.90) / 5868	28.8 °C	83 %	1000.0 mbar	95.0	3/18/2014 10:13:33 AM



DATA FOR TEST: SMASH 110 T009

Comments STANDAR

RPM	HP (HP)	Q (N*M*M)	T
4000	3.9	6.57	0.52
4250	4.2	6.95	0.54
4500	5.4	8.46	0.70
4750	5.8	8.70	0.86
5000	6.2	8.76	1.04
5250	6.5	8.83	1.22
5500	6.8	8.83	1.38
5750	7.2	8.85	1.56
5868	7.3	8.90	1.64
6000	7.5	8.87	1.74
6250	7.7	8.74	1.92
6500	7.8	8.52	2.10
6750	7.9	8.32	2.28
7000	8.1	8.14	2.48
7155	8.1	8.04	2.58
7250	8.0	7.83	2.68
7500	8.0	7.58	2.88
7750	7.9	7.21	3.10
8000	7.6	6.70	3.32
8250	7.5	6.45	3.56
8500	7.2	5.95	3.84
8750	7.0	5.66	4.10
9000	6.8	5.32	4.40
9250	6.4	4.87	4.72
9500	6.3	4.68	5.08
9750	5.8	4.17	5.46
10000	5.3	3.77	5.88
10250	4.6	3.17	6.38
10500	4.1	2.74	6.96
10750	3.6	2.38	7.60
11000	3.1	1.98	8.42

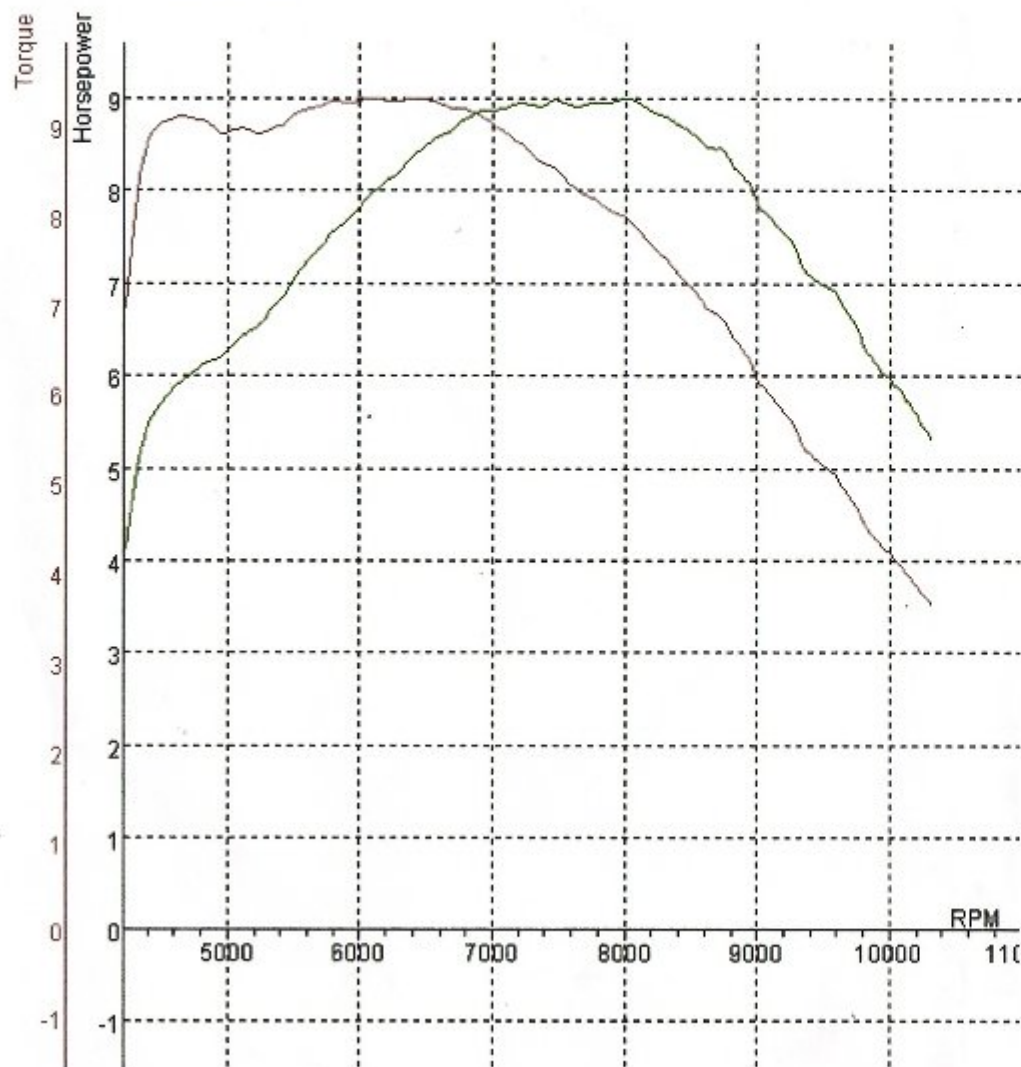
LOSSES: 0.0 HP

0.0N*M*M

TOTAL ENGINE: 8.1HP

8.90N*M*M

TEST NAME	MAX POWER.	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/Time
SMASH FI 110 T004	9.0 (9.0) / 8010	9.31 (9.31) / 6411	34.9 °C	37 %	1000.0 mbar	95.6	10/22/2014 1:50:06 PM



DATA FOR TEST: SMASH FI 110 T004

Comments

BASE

RPM	HP (HP)	Q (N*M*M)	T
4000	4.4	7.44	0.52
4250	4.7	7.84	0.54
4500	5.7	9.03	0.72
4750	6.1	9.07	0.92
5000	6.3	8.93	1.12
5250	6.6	8.91	1.30
5500	7.1	9.13	1.50
5750	7.5	9.25	1.68
6000	7.9	9.29	1.88
6250	8.2	9.27	2.06
6411	8.4	9.31	2.18
6500	8.5	9.29	2.26
6750	8.7	9.19	2.44
7000	8.9	9.00	2.64
7250	8.9	8.72	2.86
7500	9.0	8.47	3.06
7750	9.0	8.18	3.28
8000	9.0	7.97	3.50
8010	9.0	7.97	3.50
8250	8.8	7.56	3.74
8500	8.6	7.18	3.98
8750	8.4	6.81	4.24
9000	7.8	6.15	4.54
9250	7.5	5.70	4.84
9500	7.0	5.19	5.18
9750	6.5	4.68	5.58
10000	5.9	4.19	6.02
10250	5.4	3.74	6.50

LOSSES: 0.0 HP





0.0N*M*M


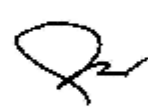

TOTAL ENGINE: 9.0HP

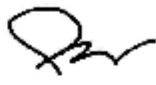






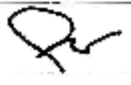

9.31N*M*M



JADWAL KEGIATAN PROYEK AKHIR

Nama Mahasiswa : Sugiarso
 NIM : 11509134066
 Program Studi : Teknik Otomotif – D3
 Judul PA : Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator Menjadi
 Sistem Bahan Bakar Injeksi pada Suzuki Smash
 AD 2663 ZG (Tinjauan Sistem Bahan Bakar)
 Waktu Pelaksanaan : 18 minggu (tanggal 5 maret 2014 s.d. 18 desember 2014)

Minggu ke	Hari/tanggal	Uraian kegiatan	Tanda tangan Dosen Pembimbing
1	Rabu, 5 maret 2014	Pengajuan proposal Proyek Akhir	
	Kamis, 6 maret 2014	Proposal Proyek Akhir disetujui	
2	Senin, 10 maret 2014	Uji konsumsi bahan bakar sebelum modifikasi	
	Rabu, 12 maret 2014	Uji emisi gas buang sebelum modifikasi	
	Kamis, 14 maret 2014	Uji performa mesin sebelum modifikasi di Mototech	
3	Senin, 17 maret 2014	Observasi harga dan kelengkapan komponen ke beberapa dealer sepeda motor	
	Selasa, 18 maret 2014	Melakukan pemesanan komponen injeksi di dealer Yamaha	
4	Senin, 24 maret 2014	Melakukan persiapan Membongkar <i>cover body</i> dan sistem bahan bakar pada obyek PA (Suzuki Smash AD 2663 ZG)	
	Selasa, 25 maret 2014	Menguras tangki bahan bakar Mengukur dimensi tangki	
	Rabu, 26 maret 2014	Membeli bahan plat besi untuk dudukan <i>fuel pump</i> dan pelampung	
	Kamis, 27 maret 2014	Membuat dudukan <i>fuel pump</i> dan pelampung	

1	Senin, 31 maret 2014	Mengelas mur pada dudukan untuk ulir klem <i>fuel pump</i> dan pelampung	
	Selasa, 1 april 2014	Mengelas dudukan <i>fuel pump</i> pada tangki bahan bakar	
	Rabu, 2 april 2014	Memasukkan rotor magnet smash ke tukang hubut untuk membuat tonjolan-tonjolan	
		Mengelas mur dudukan O2 sensor pada knalpot	
	Jumat, 4 april 2014	Menguji kerapatan hasil las tangki	
		Membuat lubang baut pada intake manifold dengan bor	
	Senin, 7 april 2014	Memasang intake manifold, throttle body dan injector.	
		Melepas keseluruhan kabel body	
	Selasa, 8 april 2014	Melihat buku manual Yamaha jupiter Z1 di dealer terkait wiring kabel body	
	Rabu, 9 april 2014	Instalasi kabel body Yamaha Jupiter Z1 di obyek PA (Suzuki Smash)	
2	Kamis, 10 april 2014	Membuat coakan pada bagian bawah tempat duduk/jok agar dapat ditutup	
		Melubangi ruang bagasi motor untuk selang tekanan tinggi	
		Memasang selang tekanan tinggi pada fuel pump ke injector	
3	Senin, 14 april 2014	Mengambil rotor magnet di tukang hubut Karena hasil rotor magnet tidak presisi, maka diputuskan untuk memesan rotor magnet jupiter Z1 di dealer Yamaha	
	kamis, 15 april 2014	Mengambil rotor magnet Jupiter Z1 Memodifikasi rotor magnet agar dapat dipasang pada mesin Suzuki Smash	
	Jumat, 16 april 2014	Membuat spacer untuk rotor magnet dan one way clutch di tukang hubut	

4	Senin, 21 april 2014	Memasang rotor magnet di mesin Merakit kembali mesin Suzuki Smash	
	Selasa, 22 april 2014	Menguji sistem kelistrikan, lampu-lampu dan sistem pengisian	
		Memasang filter udara variasi Menghidupkan mesin dan tes jalan	
1	kamis, 1 mei 2014	Uji performa mesin setelah modifikasi	
	Jumat, 2 mei 2014	Karena hasil uji performa daya yang dihasilkan drop, maka dilakukan perbaikan	
		Membongkar rotor magnet dan menyetel kembali derajat pengapian	
2	kamis, 8 mei 2014	Uji performa mesin	
	Jumat, 9 mei 2014	Performa mesin masih drop, maka perlu perbaikan kembali	
		Membongkar kembali rotor magnet dan penyetelan ulang derajat pengapian	
2	Senin, 8 september 2014	Pengajuan laporan bab I Revisi rumusan masalah	
	Kamis, 11 september 2014	Pengajuan laporan bab II Revisi bab II	
3	Selasa, 16 september 2014	Pengajuan laporan bab II Revisi bab II dan lanjut bab III	
4	Senin, 22 september 2014	Pengajuan laporan bab II dan III Revisi bab II dan lanjut bab IV	
3	Rabu, 15 oktober 2014	Uji konsumsi bahan bakar setelah modifikasi	
	Jumat, 17 oktober 2014	Uji emisi gas buang setelah modifikasi	
4	Senin, 20 oktober 2014	Uji performa mesin	
2	Selasa, 11 november 2014	Pengajuan laporan bab IV Revisi bab IV	

1	Selasa, 2 desember 2014	Observasi ke BLII provinsi DIY terkait peraturan baku mutu emisi di DIY	
	Rabu, 3 desember 2014	Observasi ke KLII Sleman terkait peraturan baku mutu emisi di kabupaten Sleman	
3	Selasa, 16 desember 2014	Pengajuan bab IV Lanjut ke bab V dan melengkapi lampiran	
	Kamis, 18 desember 2014	Pengajuan bab V Revisi bab V	

Catatan: Jadwal kegiatan ini agar dilampirkan saat mengajukan ujian Proyek Akhir




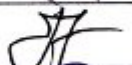

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

BUKTI SELESAI REVISI PROYEK AKHIR D3/S1

FRM/OTO/11-00
27 Maret 2008

Nama Mahasiswa : Sugiarto
No. Mahasiswa : 11509134066
Judul PA D3 : Modifikasi Sistem Bahan Bakar Karburator Menjadi Sistem
Bahan Bakar Injeksi pada Suzuki Smash AD 2663 ZG
(Tinjauan Sistem Bahan Bakar)
Dosen Pembimbing : Lilik Chaerul Yuswono, M. Pd.

Dengan ini Saya menyatakan Mahasiswa tersebut telah selesai revisi.

No	Nama	Jabatan	Paraf	Tanggal
1	Lilik Chaerul Yuswono, M. Pd.	Ketua Penguji		27/1-15
2	Moch. Solikin, M. Kes.	Sekretaris Penguji		26/01 2015
3	Bambang Sulistyono, M. Eng.	Penguji Utama		26/1 2015

Keterangan :

1. Arsip Jurusan
2. Kartu wajib dilampirkan dalam laporan Proyek Akhir D3/S1